



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LA
MICROCUEENCA DEL RÍO MALCOMAYO - PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BETSI RAMOS MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis queridos padres Alfredo Ramos y Rebeca Mamani, quienes me dieron todo su apoyo incondicional y amor infinito e hicieron posible cumplir con este proyecto.

A mi hermana Guadalupe Ramos, por sus constantes ánimos que me da.

BETSI RAMOS MAMANI



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, alma mater del desarrollo intelectual y profesional, esperanza de la nación. A la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por permitirme ser profesional.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.

A los miembros del jurado calificador: Dr. Edilberto Huaquisto Ramos, M.Sc. Teófilo Chirinos Ortiz y al M.Sc. Alcides Héctor Calderón Montalico.

Al M.Sc. Roberto Alfaro Alejo, por su apoyo como director, de la presente investigación.

Gracias también a mis queridos amigos y compañeros de estudios con quienes compartimos cinco años de estudios y que de alguna manera contribuyeron a la culminación de mis estudios.

BETSI RAMOS MAMANI



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 19

1.3.1. Hipótesis general 19

1.3.2. Hipótesis específicas 19

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 19

1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN 21

1.5.1. Objetivo general 21

1.5.2. Objetivos específicos 21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 22

2.1.1 Nivel internacional 22

2.1.2 Nivel nacional 23



2.1.3	Nivel local	24
2.2	MARCO TEORICO	25
2.2.1	Cuenca hidrográfica	25
2.2.2	Variables hidrológicas.....	25
2.2.3	Precipitaciones	25
2.2.4	Construcción de escenarios en el territorio	26
2.2.5	Desarrollo económico	27
2.2.6	Teoría de desarrollo sostenible.....	30
2.2.7	Procedimientos de la zonificación ecológica y económica.....	31
2.2.8	Finalidad de la zonificación ecológica y económica.....	32
2.2.9	Objetivos de la zonificación ecológica y económica	32
2.2.10	Niveles de la zonificación ecológica económica.....	33
2.2.11	Criterios para la evaluación de las unidades ecológicas económicas	35
2.2.12	Modelamiento	36
2.2.13	Instrumentos de planificación	36
2.2.14	Sistemas de información geográfica	37
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	39
3.2	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	39
3.3	TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.3.1	Tipo de investigación	40
3.3.2	Nivel de la investigación.....	41
3.3.3	Diseño de investigación	41
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41



3.4.1	Población.....	41
3.4.2	Muestra.....	42
3.5	PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....	42
3.6	DISEÑO ESTADÍSTICO	43
3.7	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	44
3.8	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	44
3.9	PROCEDIMIENTO.....	46
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	RESULTADOS.....	64
4.1.1.	Caracterización geomorfológica de la microcuenca	64
4.1.2.	Determinación de las zonas de microzonificación ecológica y económica de la microcuenca de río Malcomayo	69
4.2	DISCUSIÓN	96
V.	CONCLUSIONES	100
VI.	RECOMENDACIONES	101
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....		113
Anexo 1:	Panel fotográfico.....	113

Área : Ciencias de la Ingeniería

Línea : Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de enero 2022.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	44
Tabla 2. Matriz de valoración de atributos	54
Tabla 3. Características de la cuenca	64
Tabla 4. Parámetros de forma de la subcuenca.....	65
Tabla 5. Cálculo de pendiente media de la cuenca	68
Tabla 6. Clasificación según la pendiente.....	68
Tabla 7. Clasificación climática.....	71
Tabla 8. Humedad relativa	72
Tabla 9. Litoestratigráfica.....	74
Tabla 10. Capacidad de uso mayor del suelo.....	78
Tabla 11. Cobertura vegetal.....	80
Tabla 12. Aptitud para el carbono.....	83
Tabla 13. Fauna silvestre	83
Tabla 14. Instituciones educativas	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escenarios en el territorio.....	26
Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	40
Figura 3. Metodología para la microzonificación ecológica económica.....	47
Figura 4. Estructura del modelo de ZEE	57
Figura 5. Flujo de procesos SIG del modelo de ZEE	57
Figura 6. Flujograma de criterio de exclusión selectiva para determinar las unidades de ZEE	59
Figura 7. Flujo de procesos en el SIG para la caracterización de la microcuenca	63
Figura 8. Flujo de procesos en el SIG para el modelo de ZEE.....	63
Figura 9. Curva hipsométrica	65
Figura 10. Polígono de frecuencias de áreas parciales	66
Figura 11. Rectángulo equivalente	67
Figura 12. Pendiente del río principal.....	67
Figura 13. Mapa de pendientes.....	69
Figura 14. Mapa de clasificación climática	70
Figura 15. Mapa de precipitación media anual.....	72
Figura 16. Mapa de humedad relativa	73
Figura 17. Mapa de litoestratigráfico.....	75
Figura 18. Mapa de áreas de riego.....	76
Figura 19. Mapa de uso actual de la tierra.....	77
Figura 20. Mapa de capacidad de uso mayor del suelo	79
Figura 21. Mapa de cobertura vegetal	80
Figura 22. Mapa de aptitud para el carbono	82
Figura 23. Mapa de fauna silvestre.....	84



Figura 24. Mapa de zonas de vida	85
Figura 25. Mapa de ecorregiones.....	86
Figura 26. Mapa de infraestructura turística.....	87
Figura 27. Mapa de comunidades campesinas	88
Figura 28. Mapa de servicio de agua potable	89
Figura 29. Mapa de servicio de energía eléctrica	89
Figura 30. Mapa de familias que cuentan con servicios higiénicos	90
Figura 31. Mapa de servicio de educación y salud	91
Figura 32. Mapa de pobreza	92
Figura 33. Mapa de conflicto de uso de suelo	93
Figura 34. Mapa de potencial turístico	94
Figura 35. Mapa de potencial económico.....	95
Figura 36. Mapa de la propuesta de microzonificación ecológica económica.....	96
Figura 37. Vista el río Malcomayo	113
Figura 38. Cuenca del río Malcomayo	113
Figura 39. Zonas erosionables del río Malcomayo.....	114
Figura 40. Sedimentación en la cuenca el río Malcomayo	114



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AGRORURAL	: Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural
CEPIS	: Centro Panamericano de Ingeniería y Ciencias del Ambiente
CONAM	: Consejo Nacional del Ambiente
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
EIA	: Evaluación de Impacto Ambiental
EPS-RS	: Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos
GIRH	: Gestión Integrada del Recurso Hídrico
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
LGRS	: Ley General de Residuos Sólidos
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MPC	: Municipalidad Provincial de Canchis
OEFA	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
ONG	: Organismos no Gubernamentales
OPS	: Organización Panamericana de la Salud
PIGARS	: Planes de Gestión de Residuos Sólidos
PMA	: Plan de Manejo Ambiental
RSM	: Residuos Sólidos Municipales
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG	: Sistema de Información Geográfica
UNAP	: Universidad Nacional del Altiplano Puno



RESUMEN

La presente investigación aborda problemas de zonificación y parte del ordenamiento territorial, que aqueja hoy las cuencas andinas del altiplano puneño, con el fin de desarrollar la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo – Puno; la metodología empleada es la caracterización geomorfológica de la microcuenca, para el mejor entendimiento de la microzonificación ecológica y económica; como resultados se tiene la caracterización de la cuenca que difiere de los parámetros geomorfológicos de las demás cuencas estudiadas, pero es importante para realizar el estudio de caudales máximos, las características de la cuenca son: área 368.585 km², perímetro 98.464 km, longitud curso 23.223 km, pendiente 9.741 %, cota máxima 4806.00 msnm y cota mínima 3928.00 msnm; la cuenca tienen una pendiente de la cuenca que es de 2.168% que pertenece a una cuenca ligeramente ondulada cuenta con área de riego de 15.31 km² de área, en donde se cuenta con vegetación que consta de Pajonal de Chilligua y Chiji con un área que presenta el 80.61%. La propuesta de microzonificación ecológica económica considerando que se tiene las zonas productivas denominada la zona con potencial para pastos con tierras (89.43%) del área total de la microcuenca; seguido de las zonas de vocación urbana e industrial denominada zona de expansión urbana e industrial (6.70%), por el crecimiento de las comunidades con visión a ciudades urbanizadas. Finalmente, la cuenca es altamente para el desarrollo de actividades socioeconómicas.

Palabras clave: actividad económica, área de riego, microcuenca y pastizales.



ABSTRACT

This research addresses zoning problems and part of the land-use planning, which currently afflicts the Andean basins of the Puno highlands, in order to develop the ecological and economic microzoning of the Malcomayo - Puno river micro-basin; The methodology used is the geomorphological characterization of the micro-basin, for a better understanding of the ecological and economic micro-zoning; as results we have the characterization of the basin that differs from the geomorphological parameters of the other basins studied, but it is important to carry out the study of maximum flows, the characteristics of the basin are: area 368.585 km², perimeter 98.464 km, course length 23.223 km, slope 9.741%, maximum elevation 4806.00 masl and minimum elevation 3928.00 masl; the basin has a slope of 2.168% that belongs to a slightly undulated basin with an irrigation area of 15.31 km², where there is Pajonal de chilligua and chiji with an area of 80.61%. The economic ecological microzoning proposal considers that there are productive zones called the zone with potential for pastures with land (89.43%) of the total area of the micro-watershed, followed by the urban and industrial vocation zones called the urban and industrial expansion zone (6.70%), due to the growth of the communities with a view to urbanized cities. Finally, the basin is highly suitable for the development of socioeconomic activities.

Keywords: economic activity, irrigation area, micro-watershed and pastures.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de las poblaciones rurales y urbanas (asentamientos, agricultura, servicios, protección, entre otros) han creado retos y desafíos a los tomadores de decisiones en la necesidad de planificar y ordenar el uso de los espacios (Cari et al., 2016; Rosas & Valencia, 2017), optimizando el uso de los recursos naturales, reduciendo la vulnerabilidad, identificando las mejores alternativas a través de proyectos que contribuyan con el desarrollo social, económico y ambiental (PNUD, 2004, 2006, 2009, 2018).

Los múltiples efectos negativos causados por las diferentes actividades antrópicas realizadas en el ambiente (Angulo, 2006), han obligado la formulación de nuevas leyes con las cuales se pueda crear una conciencia ambiental y al mismo tiempo proteger nuestro ambiente y regular de esta manera el uso irracional que se le está dando a nuestros recursos (Abudu, 2009). Con el diseño de estos mecanismos e instrumentos ayudaran a prevenir, controlar y reducir los efectos negativos, que puedan causar las diferentes actividades que el hombre realiza sobre ella (Bernal, 2018).

La cobertura vegetal disminuye desde hace varios siglos por la tala indiscriminada de la vegetación leñosa y por el sobre pastoreo, ocasionando una fuerte erosión del suelo (Brea & Balocchi, 2010; Khan, 2015).

En la microcuenca del río Malcomayo se produce una reducción de la flora y la fauna, la disminución de la población de peces nativos, y la contaminación biológica del lago Titicaca (Pouilly et al., 2014; Tudela, 2012). Las aguas del lago Titicaca se



encuentran altamente contaminadas por metales pesados, producto de las actividades mineras que vierten sus aguas a río como cuerpo receptor, y por su elevada salinidad natural (Orocollo, 2014).

Por esta razón es necesario fomentar la conservación de los recursos naturales y de manera ordenada ante sociedad civil (Hernández, 2007; Sepúlveda, 2008), ya que ellos son los principales actores dentro de un ámbito geográfico, esto se ve reflejado en los pobladores de las distintas comunidades campesinas alto andinas (Choquevilca & Sotomayor, 2011; Sepúlveda, 2008), que realizan una actividad socio-económica que deteriora su ambiente (Gobierno Regional de Puno, 2011). Por todo esto, urge la necesidad de fomentar esta labor no solo en las universidades, sino, también dentro de las escuelas ubicadas dentro de estas comunidades, ya que los niños de estos pueblos son los futuros actores (Bernal, 2018).

La heterogeneidad del área de estudio hace necesaria la realización de un estudio de todo este territorio con la finalidad de conocer su situación actual, su problemática, vocación, potencial, que ayudaran a formular la propuesta de Zonificación Ecológica-Económica (ZEE) y lograr de esta manera que los pobladores que hacen uso de estos ambientes (Faustino, 2009; Pinedo, 2006; Quintero & Perez, 2006), desarrollen sus diferentes actividades acordes a su vocación y potencial, sin causar un efecto adverso en el ambiente, es decir de forma sostenible (Bernal, 2018; Velásquez, 2004).

La presente investigación se ha desarrollado con el fin de desarrollar la formulación la propuesta de Zonificación Ecológica-Económica (ZEE) en la microcuenca del río Malcomayo, para contribuir a la toma de decisiones de las autoridades Regional y Locales, para el uso racional y protección de los recursos naturales, agua y suelo como fuente de la producción agrícola en todo su ámbito de la microcuenca.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú las cuencas hidrográficas son espacios geográficos con un significativo potencial de recursos naturales, y a su vez constituyen una unidad territorial natural y básica para la planificación apropiada (Fernández, 1995; FOVIDA, 2019b). Sin embargo, la ocupación desordenada y el uso no sostenible, conjuntamente con los problemas sociales, y la aplicación de políticas inadecuadas alejadas de la realidad, no permiten aplicar con eficiencia una planificación deseada a favor del desarrollo (Huaranca, 2014; Sepúlveda, 2008; Zury, 2004).

La organización y el desarrollo del territorio, en la actualidad, se está dando fundamentalmente bajo el enfoque de centros y corredores económicos de carácter internacional, generándose territorios insostenibles con procesos de desertización social y ambiental (Escobar, 2008; Faustino, 2009). Estas transiciones territoriales del campo a la ciudad suceden debido a las nuevas tendencias de pensamiento, por las ausencias de oportunidades de trabajo y ausencia de ingresos económicos, carencias de infraestructuras acorde a la realidad, por la que es vulnerable y sensible a las transformaciones de la globalización y más aun sin ningún instrumento de planificación y acondicionamiento del territorio (Domínguez, 2008; Orocollo, 2014; Pinedo, 2006) (Pari-Huaquisto et al., 2020).

Las cuencas hidrográficas en la región de Puno, también se viene generando problemas ambientales, como la contaminación de los ríos, desertificación de suelos, destrucción de espacios paisajísticos, por parte las actividades mineras (Gobierno Regional de Puno, 2011) (Quispe et al., 2019). Así mismo, la erosión de suelos, pérdida de la fertilidad de las mismas, sobrepastoreo, entre otros, ocasionando conflictos de uso de suelo esto producto de las inadecuadas prácticas de manejo de las actividades



agropecuarias (Pinedo, 2006), ha esto se suma problemas de origen natural, que causan inundación, heladas, nevadas, entre otras (Bernal, 2018; Huaranca, 2014).

El área objeto de la presente investigación, no escapa de esa percepción, ya que las comunidades de la microcuenca están realizando actividades agrícolas en zonas de riesgo y vulnerables a los peligros de inundación, debido a la degradación de suelos y están asentadas en las mismas, poniendo en riesgo sus viviendas y sus vidas. También se aprecia el sobre uso de suelos por parte de las actividades agrícolas en zonas donde la aptitud es para pastos naturales, lo que genera poca productividad de los suelos, erosión acelerada y desertificación (Huaranca, 2014) (Belizario et al., 2013).

Todo esta problemática que incluye limitaciones en la identificación apropiada de proyectos, es resultados de la falta de instrumentos de planificación y gestión tales como ZEE, POT que puedan ordenar las actividades teniendo en cuenta criterios ambientales, sociales, económicos y culturales (Lavado et al., 2009). Entre otras cosas la falta de metodologías, así como procedimientos para desarrollar la microzonificación ecológica y económica a nivel de microcuencas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El origen de la problemática territorial puede ser atribuido al incremento poblacional, al desarrollo de los núcleos urbanos y rurales, la expansión de las actividades económicas y productivas que han impulsado a la conquista de nuevos espacios y a la reconversión o refuncionalización de muchos territorios. Puede ser entendido también, en el marco de los cambiantes contextos políticos, las crisis económicas mundiales y los vaivenes de la economía globalizada, como principales promotores de los cambios de tendencias en el uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos (Morea, 2017).



Las problemáticas territoriales tienen su manifestación, como resultado de las distorsiones de la relación sociedad-naturaleza y actualmente pueden tener foco en casi cualquier tipo de espacio geográfico (Abdul & Pilouk, 2008).

La economía afirma el sentido del mundo en la producción; la naturaleza es desnaturalizada de su complejidad ecológica y convertida en materia prima de un proceso económico; pero a la vez que el hombre adquiere mayor control sobre las fuerzas naturales, el gran desarrollo de las fuerzas productivas y la consolidación de la idea del progreso ilimitado han afectado tanto los procesos ambientales globales que hoy nos enfrentamos ante una crisis de territorio y ambiental global (Aroni-Quispe et al., 2021).

Todo esta problemática que incluye limitaciones en la identificación apropiada de proyectos, es resultados de la falta de instrumentos de planificación y gestión tales como ZEE, POT que puedan ordenar las actividades teniendo en cuenta criterios ambientales, sociales, económicos y culturales (Lavado et al., 2009). Entre otras cosas la falta de metodologías, así como procedimientos para desarrollar la microzonificación ecológica y económica a nivel de microcuencas.

En cuanto a las variables de la formulación la propuesta de microzonificación ecológica económica en la microcuenca del río Malcomayo, en vista de que en el área de estudio no existen estudios similares, para lo cual se analizaron las diferentes variables que involucra el ZEE y el ordenamiento territorial, realizando diferentes escenarios.

El contenido de los capítulos es el siguiente:

- Capítulo I Introducción: se describe la introducción a la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo, y la problematiza



de la zona de estudio, además se encuentra la hipótesis planteada y los objetivos planteados.

- Capítulo II Revisión de literatura: se describe los antecedentes relacionados del estudio como son los antecedentes internacionales, nacionales y locales; además se describe la base de la revisión bibliográfica del tema de investigación, así mismo se menciona la normativa vigente que rige referente al tema de investigación.
- Capítulo III Materiales y métodos: en este acápite se describe el lugar de estudio, el tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, operacionalización de variables. Además, se describe la metodología empleada para el logro de los resultados.
- Capítulo IV Resultados y discusión: se describe los resultados obtenidos según cada objetivo planteado, así como el análisis y las discusiones de cada uno de los objetivos.
- Capítulo V Conclusiones: se describe las conclusiones correspondientes a cada objetivo desarrollado.
- Capítulo VI Recomendaciones: se describe las recomendaciones para unas futuras investigaciones y las recomendaciones posterior a nuestra investigación la cual se podría implementar en la zona de estudio.
- Capítulo VII Referencias: se detalla la bibliografía usada durante el desarrollo de la investigación.
- Anexos: en este acápite se adjunta la encuesta empleada para nuestra investigación, panel fotográfico y la matriz de consistencia de la presente investigación.

La presente investigación tiene las siguientes preguntas:



¿De qué manera se realiza la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo, para el desarrollo de sus potencialidades?

¿Cómo influye la caracterización geomorfológica de la microcuenca?

¿De qué manera influye en el desarrollo de la microcuenca las zonas de microzonificación ecológica y económica de la microcuenca de río Malcomayo?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo, para el desarrollo de sus potencialidades, es una herramienta de gestión para el desarrollo de las comunidades involucradas en la microcuenca.

1.3.2. Hipótesis específicas

Mediante la caracterización geomorfológica de la microcuenca, nos permite entender los problemas físicos de la microcuenca.

La determinación de las zonas de microzonificación ecológica y económica de la microcuenca de río Malcomayo, nos da escenarios para un mejor desarrollo de la microcuenca, para los diferentes tiempos de intervención.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación permitirá mejorar las carencias de la metodología general de la ZEE, principalmente en la fase de evaluación, con la formulación de modelos de evaluación considerando criterios físicos, biológicos y socioeconómicos que



reflejan el ámbito de estudio. Por lo que permitirá su aplicación en las microcuencas de Malcomayo.

La propuesta de la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo, permitirá formular propuestas específicas para su desarrollo en una visión de mediano y largo plazo, con la participación de los agentes de las instituciones regional y local, teniendo como base las potencialidades y limitaciones que posee.

La formulación de la propuesta de la microzonificación ecológica económica en la microcuenca del río Malcomayo, se elabora por las siguientes razones: a) por la ausencia del uso ordenado y sostenible del suelo; b) por tendencia de pérdida de oportunidades de calidad de vida social y c) por la ausencia de la sostenibilidad económica productiva en la microcuenca del río Malcomayo.

La situación de las comunidades campesinas ubicadas dentro del área de estudio es crítica con altos niveles de pobreza, con crecimiento demográfico, analfabetismo, falta de servicios básicos y sobre todo la falta de apoyo y asesoramiento técnico de parte de las instituciones gubernamentales.

Por esta razón es de suma importancia hacer conocer a los pobladores de la realidad socio-económica y las condiciones y de la microzonificación ecológica económica en la microcuenca del río Malcomayo, en las que se encuentra su territorio. Con dicho documento se podrá gestionar el apoyo y asesoramiento técnico en la recuperación de las áreas más afectadas a la vez que los pobladores se concienticen y comiencen a aprovechar sus recursos de forma sostenible.



1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Realizar la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo, para el desarrollo de sus potencialidades.

1.5.2. Objetivos específicos

Realizar la caracterización geomorfológica de la microcuenca.

Determinar las zonas de microzonificación ecológica y económica de la microcuenca de río Malcomayo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

En el presente acápite se describe los antecedentes de la investigación de nivel internacional, nacional y local, referidos al tema de investigación.

2.1.1 Nivel internacional

El estudio se llevó a cabo en la cuenca del Bimunicipal del río Aguas Calientes en Madriz, Nicaragua; desarrollado por Domínguez (2008); Domínguez et al. (2009), con el objetivo de elaborar una propuesta de zonificación ambiental para la planificación territorial, la integración de los factores socioeconómicos, biofísicos, los procesos de participación y criterios técnico-jurídicos del área de 4,736 hectáreas. Como resultado se obtuvo la especialización de información socioeconómica y biofísica, las áreas potenciales de zona de conflicto, el grado de susceptibilidad y deslizamiento.

Se tiene la investigación en la cuenca del río Guavio – Bogotá; desarrollado por Bernal (2018), con el objetivo era llevar a cabo una zonificación ambiental dentro de la cuenca; basado en la metodología propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible: los resultados obtenidos son mayor capacidad de uso: sistema forestal, uso de la tierra, áreas de conflicto, zonificación ambiental, además, se ha identificado los servicios de los ecosistemas que se encuentran disponibles en la zona y de la misma manera poder evaluarlas, contando también con el análisis de la información secundaria.



Según Bercea and Catalin (2019), indican que los cambios antropogénicos se han sumado a los cambios climáticos actuales y cada vez más dramáticos de las últimas décadas. Así surgió la necesidad de zonificación y microzonificación de la vegetación forestal potencial en el área del condado de Dolj, Rumania. Se puede remediar o incluso detener el fenómeno de degradación de los factores estacionarios mediante la forestación de estas tierras y el establecimiento de masas forestales protectoras.

Según Khalifeh et al. (2018), muestran en un mapa final de usos agrícolas y de pastizales, no hay clases 1 y 2 de agricultura debido a la erosión y limitación de salinidad y tampoco clases 1 y 2 de pastizales debido al área de pendiente, clima, cobertura vegetal y profundidad del suelo. Además, en el área total de la cuenca (19,964 ha), la clase 3 de agricultura es 3,780 ha (18.93%), la clase 3 de pastizales es 9895.6 ha (49.56%) y la clase 4 de pastizales es 6095.50 ha (30.56%). Los resultados muestran que la integración del proceso de análisis jerárquico y el sistema de información geográfica para la evaluación de la capacidad de la tierra y la identificación de los mejores criterios para la evaluación de la capacidad puede ser útil para la gestión adecuada del área, la conservación de los recursos disponibles y el logro del desarrollo sostenible.

2.1.2 Nivel nacional

En Andahuaylas se ha desarrollado la investigación denominada Propuesta de zonificación ecológica económica de la microcuenca del río Pochcomayu y parte baja de la microcuenca del río Antumayu; desarrollado por Velásquez (2004), con el objetivo de realizar ZEE por el uso desmedido y sin precaución de los químicos causa la disminución de especies hidro-biológicos, afectando la actividad socio-económica y el deterioro ambiental, por el uso inadecuado de cada ambiente reduciendo su potencial, entre ellas la agricultura. Según los resultados del análisis de agua de los ríos Atunmayu



y Pochccomayu, se encuentran por debajo de los niveles permisibles a pesar de la continua incorporación de químicos utilizados en la agricultura y detergentes; el análisis territorial muestra que el entorno ambiental actualmente se viene utilizando desordenadamente sin tener en cuenta su vocación, la propuesta de ZEE para el desarrollo de una actividad sostenible en todos estos ambientes, que ayudará en mejorar y elevar la calidad de vida de los pobladores.

En Huancavelica se ha desarrollado la investigación denominada Zonificación ambiental para una gestión sostenible en la microcuenca del río Palcayaco, distrito de San Marcos de Rocchac, Tayacaja-Huancavelica 2019, desarrollado por Caso (2019), con el objetivo de elaborar la zonificación ambiental para una gestión sostenible, usando como criterio técnico la participación de la población de la zona de estudio. Como resultados se tiene la caracterización de la cuenca como parámetros morfométricos y red hidrográfica. Además, la zonificación económica y ecológica, zonificación ambiental categorizados en sus diferentes categorías que indica el manual de la ZEE.

2.1.3 Nivel local

Como antecedentes locales se tiene el estudio de la propuesta metodológica de microzonificación ecológica y económica - caso microcuenca del río Zapatilla – Puno, desarrollado por Huaranca (2014), con el objetivo de desarrollar la propuesta metodológica de microzonificación ecológica y económica, teniendo como referencia el reglamento de la zonificación ecológica y económica DS N° 087-2004-PCM, la directiva DCD N° 010-2006- CONAM/C.D. Como resultados se tienen: el proceso metodológico para la microzonificación ecológica y económica adaptada a la realidad del ámbito de las microcuencas de la zona circunlacustre del altiplano; la propuesta de microzonificación



ecológica y económica se determinaron 55 zonas ecológicas económicas, zonas productivas, turístico y minero; zonas para la protección y conservación ecológica.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Cuenca hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas (Visión Mundial, 2001). Las cuencas hidrográficas han sido consideradas desde tiempos remotos como las unidades o espacios geosociales y políticos más adecuados para la planificación y desarrollo, su mayor énfasis se ha orientado hacia temas de carácter hidrológico (Zury, 2004). Es una unidad natural con límites definidos por la división geográfica hacia donde escurren las aguas, desde la parte más alta hasta el punto de salida del agua en la parte más baja (Cajina & Faustino, 2007).

2.2.2 Variables hidrológicas

Las precipitaciones y los caudales son variables hidrológicas que son medidas por las estaciones hidrométricas. Éstas son consideradas variables aleatorias y son definidas mediante una función que les asigna un valor, asociado a cada punto del espacio muestral (Chow et al., 1994).

2.2.3 Precipitaciones

Las precipitaciones representan el elemento más importante del ciclo hidrológico (Villón, 2004). La precipitación, junto con la temperatura, es el elemento climático más influyente en el medio natural, ya que afecta directamente en la distribución de las especies vegetales y animales, y a la vez en las actividades del hombre, como son las agrícolas, las forestales y las económicas entre otras (Fernández, 1995). Para Llamas (1993), las precipitaciones son un fenómeno físico que describe la transferencia de agua

en fase líquida (en forma de lluvia), y en fase sólida (en forma de nieve y granizo), entre la atmósfera y el suelo. Una parte de las precipitaciones alimenta la evaporación en la cuenca y el resto es aportación superficial o subterránea.

2.2.4 Construcción de escenarios en el territorio

Una vez identificadas las tendencias y potencialidades, es necesario realizar un balance que permita mostrar el panorama completo de las variables que se están analizando. Por ello se debe ser conscientes del pasado para comprender el presente y poder opinar razonablemente sobre el futuro. No es correcto explicar la relación causa y efecto que reproduce el pasado en el presente. Se busca, entonces, identificar lo que sucedería de no cambiarse las tendencias actuales y describir las posibles alternativas del sistema bajo estudio en el futuro, de un modo propositivo. Los escenarios son una manera de esquematizar una determinada interpretación de la realidad, que describen el paso de un sistema social dado de una situación presente a una futura, y muestran las rutas o trayectorias que pueden suceder en dicho paso o transición (Fundación DEMUCA, 2009), en donde se puede visualizar en la **Figura 1**.

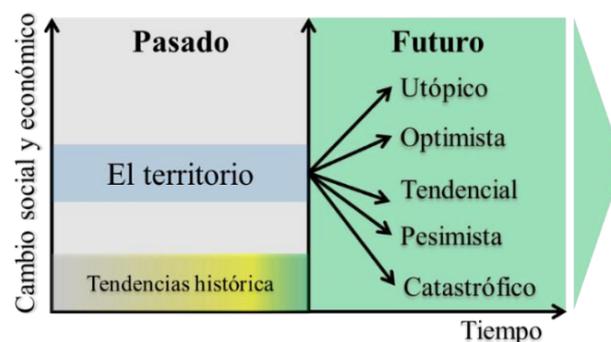


Figura 1. Escenarios en el territorio

Fuente: adaptado de Fundación DEMUCA (2009).



2.2.5 Desarrollo económico

Se refiere a los bienes y servicios que los realiza un país o una localidad en un determinado tiempo en el cual involucre cambios sociales, actitudes, o en las instituciones nacionales en el cual nos dice que, es un proceso cuyo propósito es generar mayor bienestar en la población mediante la dinamización de la economía local. Se ocupa de identificar y potenciar las fuentes de riqueza de un territorio, a partir de los recursos que dispone, con el objetivo de crear empleo decente y propiciar la actividad económica (FOVIDA, 2019b). De esta manera se lograría que las personas puedan saber la importancia que tiene y poderse seguir avanzando a hacia una visión de un futuro (FOVIDA, 2019a).

Para la Fundación DEMUCA (2009), define el Desarrollo Económico Local (DEL), como un proceso participativo y coordinado entre los distintos niveles del Estado y los principales actores de la sociedad civil y del sector productivo, que conduce a generar mayor bienestar de la ciudadanía mediante la utilización del potencial de desarrollo existente en los territorios y la dinamización equitativa de sus economías.

El desarrollo económico es un proceso de crecimiento y cambio estructural que, mediante la utilización del potencial de desarrollo existente en el territorio, conduce a elevar el bienestar de la población de una localidad o una región. Empleando estrategias donde las necesidades demandadas por parte de la población de una localidad sean atendidas de esta manera se lograría conocer más las bondades y riquezas que los puede llevar a sobresalir y seguir creciendo dimensiones (Vázquez, 2000).

Para el FOVIDA (2019a, 2019b), indica que existe las siguientes dimensiones en cual el desarrollo económico logra hacer grandes cambios:



- **Territorial:** se refiere a un espacio geográfico determinado por características físicas, socioculturales y económicas particulares. Ellas definen su vocación, potencial y ventajas. En el espacio geográfico se consideran aquellas características físicas de relieve, suelo, hidrografía y espacio aéreo del territorio local. En este medio se producen y reproducen diferentes especies del reino animal, vegetal y mineral. En conjunto todos se consideran los recursos naturales de una región o de una localidad.
- **Económica:** comprende las relaciones económicas que se dan en el territorio entre los actores principalmente los empresarios locales (grandes, medianos, pyme) y como utilizan su capacidad para organizar, ser productivos y competir en los mercados de todo nivel.
- **Sociocultural:** considera a todas las personas que se encuentran en el territorio, sus formas de relacionarse, los patrones culturales y los valores que practican. Todos ellos son expresiones de una identidad local.
- **Ambiental:** se refiere a los recursos naturales y al medio ambiente. Al cuidado que se debe tener para no dañarlos ni contaminarlo. Para ello se requiere de la intervención institucional que disponga las normas apropiadas para protegerlo.
- **Institucional:** integrada por las organizaciones privadas y públicas, las organizaciones sociales, gremiales, económicas y comunales existentes en el territorio. Considera además las relaciones, procedimientos, reglas de actuación, así como la normatividad para la función que les corresponde en cada uno de los niveles de acción tanto del sector público como privado.

Además el FOVIDA (2019a, 2019b), menciona que los actores en los procesos de desarrollo económico local son:



Los individuos, grupos o instituciones cuya acción es capaz de generar iniciativas locales para trabajar en pos del desarrollo económico del territorio donde se encuentra. Entre ellos tenemos:

- **El gobierno nacional:** es responsable de promover políticas que equilibren la distribución del patrimonio entre los municipios tales como:
 - Reglamentar la regulación y prestación de servicios públicos.
 - Dirigir la formulación de políticas y programas de fomento económico local y regional.
 - Mantener la estabilidad macroeconómica por lo que se responsabiliza de la orientación de la inversión pública a nivel del gobierno local municipal. Según la Ley Orgánica de Municipalidades tiene un rol promotor, facilitador y regulador del desarrollo integral del territorio bajo su responsabilidad. Las políticas públicas municipales deben orientarse a generar condiciones favorables para el desarrollo productivo.
- **La sociedad civil organizada:** conformada por las organizaciones no gubernamentales (ONGS), los líderes sociales y representantes de la sociedad civil. Las ONGS que desarrollan proyectos productivos locales en la promoción de la micro y pequeña empresa, del fortalecimiento y organización de asociaciones de productores, consorcios comerciales, proyectos productivos de generación de ingresos para mujeres entre otros, tienen un rol destacado en proceso de Desarrollo Económico Local (DEL). Los líderes sociales y representantes de la sociedad civil promueven la institucionalidad y la representación y capacidad de dialogo para asegurar la confianza de los actores, la continuidad de programas y proyectos entre otras tareas.



2.2.6 Teoría de desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible se basa en la necesidad que hay en encontrar la relación entre el crecimiento económico y la protección del medioambiente, debido a que la naturaleza es importante para el bienestar del hombre, debido a que brinda una mejor calidad de vida y beneficia a la producción industrial turística. El desarrollo turístico sostenible permite reducir los impactos negativos del turismo tradicional mediante la aplicación de políticas turísticas que controlen la gestión, calidad y sostenibilidad de los destinos y permita un manejo de los recursos (Artaraz, 2002). Además, un modelo de desarrollo turístico sostenible es la única manera de seguir manteniendo la riqueza natural y diversidad de fauna y flora que lo caracteriza.

Según Artaraz (2002), la teoría del desarrollo sostenible presenta tres dimensiones: la económica, la social y la medioambiental. La económica se basa en aplicar un modelo de crecimiento económico donde se priorice la producción responsable con el medio ambiente. La social, busca que todos los ciudadanos se beneficien de ese desarrollo y mejore su calidad de vida y la medioambiental se basa en la ecología, ya que propone una economía que vaya a la par de los ciclos de la naturaleza, en donde se diseñen sistemas productivos capaces de utilizar recursos y energías renovables, sin generar residuos que alteren el equilibrio del ambiente.

Con la aportación de los diferentes actores, relaciones, resultados e impactos definen el sistema o modelo. El adoptar un modelo sostenible se asegura y perpetúa a futuro el crecimiento turístico en tanto que se reduzcan los factores negativos ambientales y sociales, caso contrario los recursos naturales que sustenten los atractivos prestación de servicios el sistema turístico disminuirá (OMT & PNUMA, 2005).



2.2.7 Procedimientos de la zonificación ecológica y económica

2.2.7.1 Zonificación

Se puede entender la zonificación como el proceso de división o parcelamiento, ya sea regular o irregular en un área determinada, conducente a la definición de zonas individuales que poseen características propias y un grado relativamente alto de uniformidad interna en todos o en ciertos atributos esenciales para propósitos específicos (Ponce, 1998).

2.2.7.2 Zonificación ecológica y económica

En la reunión de los países del tratado de cooperación amazónica, realizado en Manaus en abril de 1994, se ha llegado a definir a la zonificación ecológica- económica como un instrumento de ordenación territorial, de carácter dinámico, que permite en una región un arreglo espacial de unidades relativamente uniformes, caracterizadas en base a factores físicos, bióticos y socioeconómicos y evaluadas en relación a su uso potencial sostenido o su tolerancia a las intervenciones del hombre, realizada a través del trabajo de equipos multidisciplinarios (MRE, 1998).

La ZEE, como una forma de planificación del uso de la tierra, se constituye en un instrumento técnico para la gestión del desarrollo sostenible, pues, además de otros aspectos, proporciona información sobre la capacidad y fragilidad del territorio y sus recursos naturales en forma sistematizada y localizada geográficamente, que ayuda a la toma de decisiones sobre políticas de desarrollo, manejo y conservación de los ecosistemas (MRE, 1998).



La ZEE es un instrumento para el ordenamiento territorial que permite la definición de planes alternativos de uso de los recursos ecológica, económica y socialmente aceptables, y la asignación de recursos, incentivos y políticas para promoverlos. Permite la generación de escenarios potenciales para la planificación del uso de los recursos en áreas demarcadas o zonas y sus usos potenciales (Ponce, 1998).

Es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobada la ZEE se convierte en un instrumento técnico y orientador del uso sostenible de un territorio y de sus recursos naturales (D.S. N° 087-2004-PCM).

2.2.8 Finalidad de la zonificación ecológica y económica

Orientar la toma de decisiones sobre los mejores usos del territorio, considerando las necesidades de la población que la habita y en armonía con el ambiente (D.S. N° 087-2004-PCM).

2.2.9 Objetivos de la zonificación ecológica y económica

Son objetivos de la zonificación ecológica y económica según Córdova et al. (2016):

- a. Conciliar los intereses nacionales de la conservación del patrimonio natural con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- b. Orientar la formulación, aprobación y aplicación de políticas nacionales, sectoriales, regionales y locales sobre el uso sostenible de los recursos naturales y del territorio, así como la gestión ambiental en concordancia



- con las características y potencialidades de los ecosistemas, la conservación del ambiente, y el bienestar de la población.
- c. Proveer el sustento técnico para la formulación de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, en el ámbito nacional, regional y local.
 - d. Apoyar el fortalecimiento de capacidades de las autoridades correspondientes para conducir la gestión de los espacios y los recursos naturales de su jurisdicción.
 - e. Proveer información técnica y el marco referencial para promover y orientar la inversión pública y privada.
 - f. Contribuir a los procesos de concertación entre los diferentes actores sociales sobre la ocupación y uso adecuado del territorio.

2.2.10 Niveles de la zonificación ecológica económica

En concordancia con los usuarios de la ZEE y con los objetivos que se persiguen, este proceso se puede desarrollar en tres niveles de escala espacial (Domínguez, 2008; Domínguez et al., 2009; Pinasco, 2007; Rodríguez, 2006):

2.2.10.1 Microzonificación

Según Pinasco (2007); Rodríguez (2006), se tiene como objetivo la identificación de grandes ecosistemas o unidades ambientales, con el fin de caracterizarlos y determinar su potencial y posibilidades de uso, en grandes áreas, a nivel de país o de región. Esto permitirá la identificación y priorización de uso de las áreas.

La macrozonificación utiliza datos muy generales de los aspectos temáticos, productos de levantamientos exploratorios y de Reconocimiento. Se utiliza en áreas



relativamente grandes, ubicadas dentro de la jurisdicción de una región, cuando se trata de tener una visión macro de ella y seleccionar áreas que requieren de mayor detalle.

La escala de la información cartográfica y temática a usar puede ser de 1:250 000 y la escala de publicación puede variar de 1: 5 00 000 y 1:1000 000.

2.2.10.2 Mesozonificación

Según Pinasco (2007); Rodríguez (2006), la zonificación actúa fundamentalmente como un instrumento de los gobiernos regionales y locales, que les ayuda a optimizar y diversificar la producción, recuperación de áreas degradadas, manejo de ecosistemas especiales, conservación de áreas únicas, solución de conflictos de uso, mejoramiento de servicios básicos y de infraestructura vial y de comunicaciones.

Generalmente, se aplica en provincias, departamentos y regiones políticas, utilizando datos de recursos naturales y de las condiciones sociales y económicas, de nivel de reconocimiento o semidetalle.

Las escalas de la información cartográfica y temática a usar pueden ser de 1: 50 000 a 1: 100 000 y la escala de publicación puede variar de 1:100 000 a 1:2 50 000.

2.2.10.3 Microzonificación

Según Pinasco (2007); Rodríguez (2006), la zonificación se constituye en un instrumento para los gobiernos regionales, gobiernos locales y otras instituciones, como el instituto nacional de desarrollo (INADE) u ONG's, que facilita el diseño e implementación de proyectos de desarrollo en áreas específicas. Este nivel permite



realizar aplicaciones para zonificación agroecológica de cultivos, manejo de cuencas, aplicación de políticas de desarrollo agropecuario y forestal, entre otras.

Se realiza en pequeñas áreas identificadas en los niveles de zonificación descritos anteriormente y especialmente se aplica en cuencas y distritos, utilizando datos de recursos naturales y aspectos socioeconómicos de nivel detallado

Las escalas de la información cartográfica y temática a usar pueden ser de 1: 10 000 y, la escala de publicación puede variar de 1: 25 000 ó 1:50 000.

2.2.11 Criterios para la evaluación de las unidades ecológicas económicas

Para evaluar las ZEE, se utilizarán los siguientes criterios básicos (D.S. N° 087-2004-PCM):

- a. Valor productivo, orientado a determinar las ZEE que poseen mayor aptitud para desarrollar actividad productiva con fines agropecuarios, forestales, industriales, pesqueros, mineros, turísticos, etc.
- b. Valor bio-ecológico, orientado a determinar las ZEE que por sus características ameritan una estrategia especial para la conservación de la biodiversidad y/o de los procesos ecológicos esenciales.
- c. Valor histórico-cultural; orientado a determinar las ZEE que presentan una fuerte incidencia de usos ancestrales, históricos y culturales, que ameritan una estrategia especial.
- d. Vulnerabilidad, orientado a determinar las ZEE que presentan alto riesgo por estar expuestas a la erosión, inundación, deslizamientos, huaycos y otros procesos que afectan o hacen vulnerables al territorio y a sus poblaciones, así como los derivados de la existencia de las fallas geológicas.



- e. Conflictos de uso, orientado a identificar las ZEE donde existan incompatibilidades ambientales (sitios en uso y no concordantes con su vocación natural, así como sitios en uso en concordancia natural, pero con problemas ambientales por el mal uso), así como conflictos entre actividades existentes.
- f. Aptitud urbana e industrial, orientada a identificar las ZEE que poseen condiciones tanto para el desarrollo urbano como para la localización de la infraestructura industrial.

2.2.12 Modelamiento

Se refiere a la manipulación interactiva de los mapas, a través de los diferentes submodelos preparados y organizados de acuerdo con la hipótesis planteada. Se asigna las correspondientes calificaciones a cada atributo de cada submodelo y mediante el programa del sistema de información geográfica utilizado, se obtienen mapas resultados (Domínguez, 2008; Domínguez et al., 2009).

2.2.13 Instrumentos de planificación

2.2.13.1 Ordenamiento territorial

Se entiende por OT aquel proceso de compatibilización de las actividades de uso de los recursos naturales y ocupación del espacio territorial con las características y cualidades del ambiente natural y antropogénico, que permita la derivación de bienestar social para todos los grupos humanos involucrados y que sea sostenible a través de la conservación de los recursos para futuras generaciones (Pinedo, 2006).

Por tanto, el ordenamiento territorial es clave en el desarrollo del Hombre en todas sus dimensiones pues es el espacio donde se da y mueve toda iniciativa que procure la realización efectiva, deseable e ideal de sus anhelos (Pinedo, 2006). El ordenamiento



territorial, comprende tres componentes fundamentales (Castro et al., 2016; Domínguez, 2008; Domínguez et al., 2009; Schejtman & Berdegué, 2004):

2. La zonificación ecológica económica, que orienta el uso del territorio y de sus recursos naturales, en base a sus potencialidades y limitaciones.
3. El plan de ocupación del territorio, que orienta el establecimiento de un sistema jerarquizado de asentamientos poblacionales, incluyendo el respectivo equipamiento, los sistemas de vinculación física y de comunicaciones, y los sistemas productivos que sustentan dicha ocupación.
4. Los instrumentos de política que permitan la implementación de la propuesta de OT. Esta propuesta se plasma en los planes de OT, que son elaborados fundamentalmente en base a la ZEE.

2.2.14 Sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) puede definirse como un conjunto de hardware, software, datos geográficos, personal y procedimientos, diseñados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente todo tipo de información referenciada geográficamente (Bajjali, 2017). Se trata de sofisticadas herramientas multipropósito con aplicaciones en campos como la planificación urbana, la gestión catastral, la ordenación del territorio, el medio ambiente, la planificación del transporte, el mantenimiento y la gestión de redes públicas, el análisis de mercados, entre otros (Arnold et al., 1996).

Es un sistema de hardware, software y procedimientos que facilitan la administración, manipulación, análisis, modelado, representación y despliegue de datos



de georeferenciados para resolver los problemas complejos con respecto a la planificación y la administración de recursos (Leal et al., 2013; Peterson, 2009).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en la microcuenca Malcomayo, la cual presenta la siguiente ubicación política y geográfica. Se ubica políticamente en la región de Puno, provincia de Puno, distrito de Puno, microcuenca del río de Malcomayo.

La ubicación geográfica, esta se encuentra en el sistema integral hídrico Huenque, sub sistema integral Laraqueri, microcuenca Malcomayo, región natural de la sierra (altiplano de Puno), a una altitud de 3,903 a 3,897 msnm; entre las coordenadas de este 388,641.48 a 395,299.57 UTM y norte 8'232,878.30 a 8'227,687.23 UTM.

La microcuenca del río de Malcomayo tiene una población de 1,294 habitantes (INEI, 2021).

3.2 PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se ha desarrollado desde el mes de enero hasta el mes de octubre del 2,021.

a. Delimitación temporal

Año académico 2,021.

b. Delimitación espacial

La delimitación espacial de la microcuenca del río de Malcomayo.

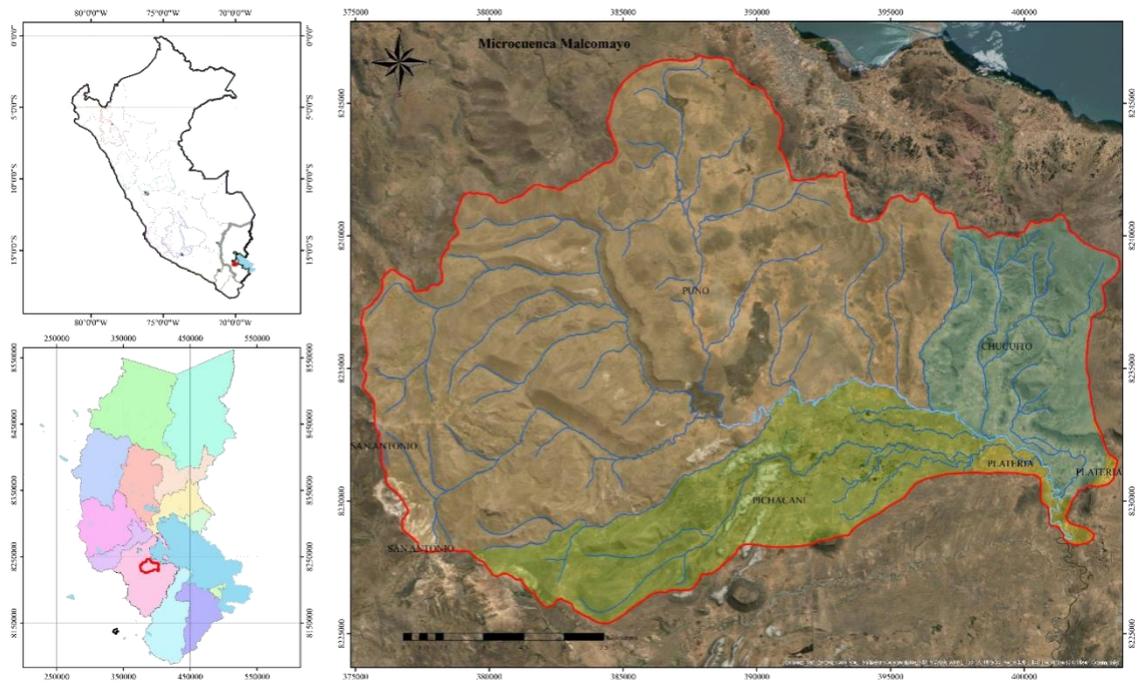


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

3.3 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Tipo de investigación

De acuerdo con el trabajo de investigación realizada, el tipo de investigación en una primera etapa ha sido una investigación básica (diagnóstico), ya que recopila y analiza información de la realidad para enriquecer e incrementar el conocimiento científico, sin interesarse por su aplicación inmediata; y se convierte en una investigación aplicada en una segunda etapa (formulación de la microzonificación económica y ecológica de la microcuenca del río de Malcomayo), puesto que utiliza los conocimientos obtenidos de la ciencia básica para lograr posible solución de un problema o problemas (Fresno, 2019; Hernández et al., 2014).



3.3.2 Nivel de la investigación

En función del nivel de investigación, los resultados del estudio se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos (Ruiz, 2007); por lo tanto, la investigación es exploratoria ya que el lugar ha sido poco estudiado desde el enfoque de ordenamiento territorial (Etapa del diagnóstico) y descriptiva porque consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno y grupos, con el fin de establecer su estructura o comportamiento (formulación de la microzonificación económica y ecológica de la microcuenca del río de Malcomayo) (Arias, 2012; Hernández et al., 2018; Hernández et al., 2014).

3.3.3 Diseño de investigación

El estudio comprende un diseño no experimental (cuantitativo), dado que las variables son estáticas; además de diseño etnográfico (cualitativo) (Arias, 2012; Domínguez et al., 2018), puesto que describe y analiza la situación actual para la formulación de la microzonificación económica y ecológica de la microcuenca del río de Malcomayo.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se aplicó la técnica estadística de muestreo, mediante la cual se estudia un número limitado de elementos de un conjunto para deducir consecuencias de una o varias características.

3.4.1 Población

Según Arias (2012); Gonzales and Alfaro (2008), la población es el conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar, considerando como alguna o algunas de sus características que se va estudiar o son necesarias para la investigación.



De acuerdo a lo mencionado, se realizó un recorrido en los cursos principales de la cuenca para la formulación de la microzonificación económica y ecológica de la microcuenca del río de Malcomayo según INEI (2021), albergaba al año 2017 una población de 1,294 habitantes aproximadamente.

3.4.2 Muestra

Para Arias (2012), la muestra considera un subconjunto representativo de un universo o población para ser estudiado o realizar la investigación; se describe en este ítem la población y sus características, el tamaño y la forma de selección de la muestra, considerando el tipo de muestreo, verificando la homogeneidad, o las pruebas necesarias para que se use adecuadamente durante la investigación para su análisis correspondiente.

3.4.2.1 Muestreo

Para Wood and Smith (2017), el muestreo es una decisión práctica, donde se realiza el muestro de datos, este elemento recoge los datos de forma representativo. Se usa cuando la población es demasiado grande como para captar todas las variables necesarias para la investigación.

El muestreo de esta investigación es el no probabilístico de suelos, usos de suelos, variables climáticas, ya que se ha evaluado para distintos escenarios, a fin de formulación de la microzonificación económica y ecológica de la microcuenca del río de Malcomayo.

3.5 PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

a. Materiales

Los materiales utilizados son papel bond de 80 gramos, formato A – 4; útiles de escritorio y otros útiles de escritorio.



b. Equipos

Los equipos usados son Laptop HP i7; impresora láser HP deskjet 3010, cámara fotográfica, calculadora y GPS Garmyn.

c. Softwares

Los softwares usados son Microsoft Word; Microsoft Excel; ArcGis 10.3 y AutoCAD 2021.

d. Humanos

En el presente trabajo de investigación participaron el ejecutor y director de tesis.

3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño de la investigación será (no experimental – transversal), no experimental puesto que la investigación se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. Transversal puesto que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernández et al., 2014).

Las técnicas de procesamiento de datos serán de la siguiente manera:

- Para el tratamiento de las encuestas se usó la estadística descriptiva, usando Microsoft Office Excel.

El análisis descriptivo de los datos, se realizó después de haber realizado las encuestas mediante las fichas de encuestas, en donde se han ordenado las encuestas considerando las siguientes variables como el paisaje, recurso hídrico, suelo – topografía, flora y fauna, recursos culturales y organización comunal.

3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para la presente investigación se han considerado la siguiente **Tabla 1**:

Tabla 1. Operacionalización de variables

Hipótesis	Variable	Metodología
La microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo, para el desarrollo de sus potencialidades, será una herramienta de gestión para el desarrollo de las comunidades involucradas en la microcuenca.	Variable Dependiente: Zonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo. Variable Independiente: – Paisaje. – Recurso hídrico. – Suelo- topografía. – Flora y fauna. – Recursos culturales – Organización comunal	- Diagnostico Rural Rápido - Definir y ubicar los recursos y potencialidad. - Elaboración de mapas básicos en SIG. - Aplicación de la metodología del ZEE. - Identificación de zonas potenciales para el desarrollo según el ZEE.

Fuente: Elaboración propia

3.8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Etapa I:

- Se realizó la inducción a la investigación y la recopilación de información.
- Fuentes secundarias de información: revistas, libros, tesis, artículos, folletos, boletines, estudios, discos compactos, bases de datos, Internet, periódicos, documentos, mapas, fotos, hojas cartográficas, entre otros.



- Fuentes primarias de información; procesamiento de información básica para la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo.

Etapa II:

- Informantes claves: autoridades de salud, PELT, ALT, Agrorural, Ministerio de Agricultura, UNA, SENAMHI, MINCETUR, GORE Puno, la Municipalidad de Provincial de Puno, intelectuales, líderes políticos, instituciones estatales, ONG, entre otros.
- Recorridos de campo: transectos, visitas guiadas, consultas abiertas, zonas críticas, verificación, validación, generación de información.
- Entrevistas: estructuradas, semiestructuradas, dirigidas.
- Reuniones: talleres y reuniones con los actores claves, autoridades, grupos organizados que estén vinculados con trabajos relacionados a la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo.



Etapa III:

Redacción final: procesamiento y análisis de la información obtenida en campo, realización de consultas con expertos y la guía del jurado evaluador.

- El trabajo de gabinete se realizó después de cada encuesta, lo cual permitía acumular la data, procesarla y evidenciar su evolución a efectos de interpretar sus resultados.
- En el trabajo de gabinete se desarrolló la formulación de la microzonificación ecológica y económica de la microcuenca del río Malcomayo.

3.9 PROCEDIMIENTO

El procedimiento para el cumplimiento de los objetivos fue:

Objetivo 1: Caracterización geomorfológica de la microcuenca

Para analizar la caracterización geomorfológica se identificó las estaciones meteorológicas y estaciones hidrométricas existentes, a fin de recabar datos de precipitación y algunas características de la subcuenca. Se apoyó del Sistema de Información Geográfica (SIG) durante todo el proceso de la caracterización, como principales características de la subcuenca se obtuvo: Área de cuenca, perímetro de la cuenca, longitud mayor del río, forma de la cuenca, densidad de drenaje y pendiente media de la cuenca.

Objetivo 2: Determinación de las zonas de microzonificación ecológica y económica de la microcuenca de río Malcomayo

Se determinó la formulación la propuesta de Zonificación Ecológica-Económica (ZEE) en la microcuenca del río Malcomayo, siguiendo el siguiente procedimiento:

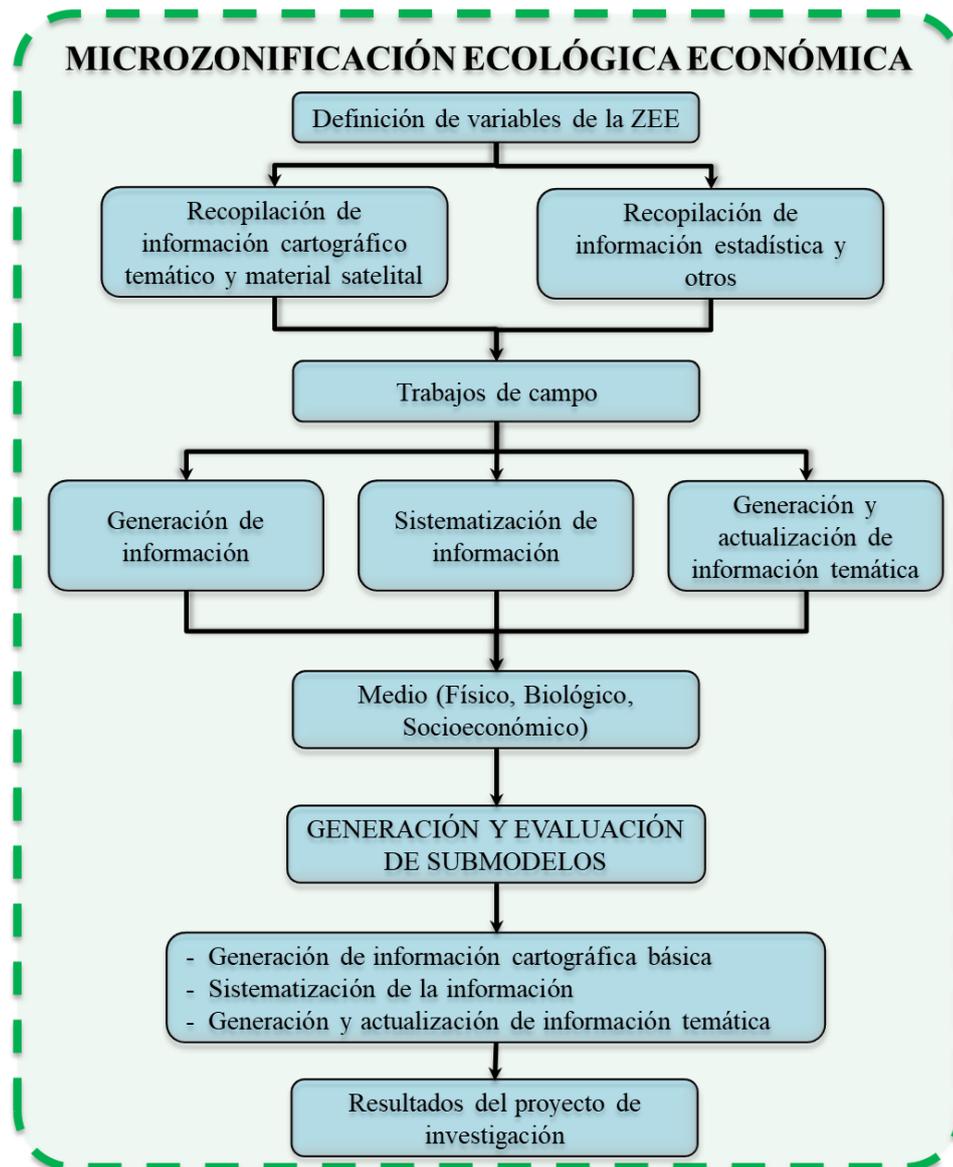


Figura 3. Metodología para la microzonificación ecológica económica

Fuente: Elaboración propia

a. Desarrollar el proceso metodológico y procedimientos para la MZEE a nivel de microcuencas

Para el cumplir este objetivo se utilizaron como referencia la metodología planteada por el ministerio del ambiente en el DCD N° 010-2006-CONAM, así como otras metodologías de estudios de ZEE desarrollados en el país y la región, bajo la base de estos se plantea los procedimientos para la formulación de propuestas de MZEE a nivel



de microcuencas de la zona circunlacustre en el ámbito del altiplano, los que se dividen en siete fases, que a continuación se desarrolla en forma detallada.

b. Fase preliminar

Definición de variables para la MZEE: La caracterización mediante áreas ambientales homogéneas, considera variables y atributos biofísicos y socioeconómicos, de delimitación e interpretación o caracterización. En tal sentido, la zonificación incluye las siguientes variables:

Variables de medio físico: como la geología, geomorfología, hidrografía e hidrología, suelos y clima.

Variables de medio biológico: como las zonas de vida, vegetación natural y fauna.

Variables de medio socio económico

Aspectos demográficos: Estructura demográfica y tendencias de crecimiento, densidad poblacional, principales centros poblados, migración (evolución histórica y tendencias).

Aspectos de organización del territorio: Red de asentamientos humanos e infraestructura territorial (sistema urbano-rural). Circuitos comerciales, mercados actuales

Aspectos socioculturales: Equipamientos para servicios básicos Capital social-humano: PEA, empleo. Institucionalidad y capacidad de gestión Espacios socioculturales.



Aspectos económicos: Actividades económicas dominantes: sector formal e informal.

Capital natural: disponibilidad de recursos naturales (potencialidades). Capital físico financiero:

- Infraestructura la producción, infraestructura productiva (centros de procesamiento y transformación, número de establecimientos económicos).
- Sistema de transporte, nivel de vinculación física (transporte carretero, ferroviario, aéreo, fluvial y multimodal), flujo vehicular, comunicaciones, presencia de comunicación masiva, sistemas de telecomunicaciones, correo y otros.

Uso actual de la tierra

Aspectos relevantes del paisaje: Patrimonio natural (geológicos, geomorfológicos, vegetación, flora y cuerpos de agua).

Patrimonio inmueble (arqueológico, colonial y republicano) y patrimonio inmaterial (Córdova et al., 2016; Pinasco, 2007; Rodríguez, 2006).

c. Fase de recopilación de información

Comprende tareas preliminares relacionadas con la recopilación de información secundaria, inherente a estudios de ZEE a nivel local, regional, nacional, e internacional.



Recopilación de información cartográfica, temática, según las variables identificadas inicialmente, dicha información tanto en formato digital o analógico, así como la información satelital.

Recopilación de información estadística, meteorológica y socioeconómica.

El análisis es realizado con base de información secundaria, en esta etapa se ha considerado:

- Confiabilidad de la información.
- Datos de carácter oficial.
- Información secundaria susceptible de georreferenciación

d. Fase de campo

Los trabajos a realizados a lo largo del proceso de estudio y de acuerdo a las programaciones requeridas, comprendieron salidas de campo, efectuado en varios itinerarios a lo largo del área de estudio, en base la cartografía básica y el apoyo de la imagen satelital, lo cual comprende:

- Reconocimiento del área de estudio con fines de delimitación de la misma.
- Observación de la variabilidad temática como el fin contrastar y validar en situ la información recopilada y generada, efectuándose una caracterización de las mismas apoyado con registros fotográficos y georeferenciación de los puntos más representativos apoyados en el uso de navegadores GPS.



e. Fase de generación y procesamiento de información cartográfica y temática

Fase que se refiere procesamiento de la información recopilada según las variables identificadas en el ámbito del estudio, así mismo la generación de sus respectivas cartográficas temáticas a nivel detallado, teniendo como base sistemas de información geográfica (SIG) lo cual comprende los siguientes aspectos:

f. Generación de información cartográfica básica

Un aspecto fundamental para la realización del análisis territorial son los dibujos de mapas de todos los temas considerados. Los mapas son un instrumento y una forma de comunicación, tanto para el análisis territorial como para la expresión de sus resultados y de las propuestas.

Para el análisis territorial se debe preparar un mapa base sobre el cual se trabajó los restantes mapas temáticos. El mapa base, que fue siempre el fondo sobre la cual se representan todas las temáticas territoriales.

g. Generación y actualización de información temática

Comprende la actualización de la información recopilada y generación de información temática faltante de acuerdo a las variables organizadas en la etapa preliminar, es decir variables del medio físico, biológico y socioeconómico, el proceso consta de dos etapas:



h. Procesamiento de información temática existente

Debido a que la información proviene de distintas instituciones, es necesario uniformizar a las condiciones requeridas para el estudio tales como escala de trabajo, sistema de coordenadas, nivel de detalle de zonificación, entre otros.

i. Esta etapa comprende:

- Revisión de la información temática (sistemas de coordenadas, y otros).
- Transformación de coordenadas.
- Actualización sobre la base de imagen de satélite y datos de campo y/o verificación en capo con puntos de control GPS.
- Edición de la información tabular.

j. Generación de información temática faltante

Comprende la generación de información temática, generalmente a partir de la información estadística entre otros, lo cual comprende los siguientes pasos:

- Acondicionamiento de la información estadística y cartográfica.
- Importación de archivos formato Excel a formatos Arc GIS.
- Georeferenciación cartográfica.
- Digitalización de información cartográfica (vectorización) sobre la base de imagen de satélite y datos de campo y/o verificación en capo con puntos de control GPS.
- Edición de atributos.



k. Sistematización de información

Toda la información, tanto generada, como recopilada y actualizada, debe ser homogeneizada, sistematizada y presentada en mapas, teniendo como base sistemas de información geográfica.

Así mismo, toda esta información se analizó y se ha sistematizado para la correspondiente introducción en la base de datos estandarizada (GEODATABASE – SIG) para una mejor aplicación de los modelos y submodelos de evaluación.

l. Fase de caracterización y análisis del territorio

Esta fase comprende la descripción y análisis de las variables biofísicos y socio económico a partir de resultados de los diferentes aspectos temáticos desarrollados en las fases anteriores, dicho análisis será insumo para identificación y evaluación de UEE.

Descripción y análisis del medio físico: como la geología, geomorfología, pendientes, hidrografía e hidrología, suelos, fisiografía y clima.

Descripción y análisis del medio biológico: como las zonas de vida, vegetación natural, fauna silvestre.

Descripción y análisis del medio socio-económico: como aspectos demográficos, aspectos de organización del territorio, aspectos socioculturales, aspectos económicos, uso actual de territorio y aspectos relevantes del paisaje.



m. Fase de evaluación

Fase de evaluación que comprende el modelamiento espacial de la ZEE. El DCD N° 010-2006-CONAM, asume que el modelamiento es la manipulación interactiva de los mapas a través de diferentes submodelos preparados y organizados de acuerdo a una hipótesis planteada. De acuerdo con estos submodelos se preparan matrices las cuales se indica el modo en que participan las variables y atributos de cada submodelo. Luego, mediante la superposición de mapas con programas SIG se obtendrán mapas resultados (Córdova et al., 2016; Pinasco, 2007; Rodríguez, 2006).

Para ello se ha asignado las correspondientes calificaciones o valoraciones a cada atributo de cada submodelo y mediante el programa del sistema de información geográfica (SIG) utilizado. La valoración de los atributos de las variables, se realizó tomando como referencia la matriz de valoración de atributos (**Tabla 2**); que consiste en asignar valores numéricos a cada uno de ellos, en función al grado de importancia que reflejan los diferentes elementos de cada variable (Córdova et al., 2016; Pinasco, 2007; Rodríguez, 2006).

Tabla 2. Matriz de valoración de atributos



Grado o nivel de valor	Valor de cada valor	Unidad cartográfica del mapa correspondiente
Valor muy alto	3.0	
	2.9	
	2.8	
	2.7	
	2.6	
	2.5	
Valor alto	2.4	
	2.3	
	2.2	
	2.1	
	2.0	
	Valor medio	1.9
1.8		
1.7		
1.6		
1.5		
Valor bajo		1.4
	1.3	
	1.2	
	1.1	
	1.0	

Fuente: Adaptado de Córdova et al. (2016); Pinasco (2007); Rodríguez (2006)

La evaluación de las potencialidades y limitaciones del territorio, es analizada con un enfoque holístico (método de aptitud y evaluación multicriterio), en el que no solo se consideran criterios técnicos, sino además ambientales, sociales y económicos.

i. Generación de submodelos para la MZEE

Esta etapa consiste en la evaluación de las potencialidades y limitaciones para el aprovechamiento de los recursos, con base en las unidades ecológicas y económicas, tomando en consideración la sensibilidad ambiental y la vocación natural de los ecosistemas, utilizando los criterios básicos como, valor productivo, valor bioecológico, valor histórico cultural, vulnerabilidad y riesgos, conflictos de uso y aptitud urbano e industrial.



ii. Determinación de las unidades ecológicas económicas

Con los resultados preliminares de los submodelos se determinan las siguientes unidades ecológicas y económicas: unidades productivas, unidades de valor bioecológicos, unidades de valor histórico culturales, unidades de conflictos de uso y unidades urbanas e industriales.

iii. Generación del modelo de MZEE

La superposición de los resultados de los submodelos, permite definir las zonas ecológicas económicas. Cada zona debe expresar las diversas alternativas de uso sostenible que posee un territorio. El tipo de la categoría corresponderá a la aptitud de uso predominante de dicha UEE. Las categorías de uso a utilizar en el proceso de ZEE son las siguientes: zonas productivas, zonas de protección y conservación ecológica, zonas de tratamiento especial, zonas de recuperación y zonas urbanas e industriales.

Así mismo, para cada zona se deberá especificar tres niveles de calificación para las diferentes categorías de usos: recomendables, recomendables con restricciones, no recomendables. Estos niveles de calificación se basarán en los aspectos técnicos de las características físicas, biológicas, sociales, económicas, culturales y legales que el equipo de profesionales determine en el proceso de la zonificación ecológica y económica.

Uso recomendable: cuando la zona presenta aptitud para la categoría de uso en referencia y cuyo manejo apropiado produce un mínimo impacto.

Uso recomendable con restricciones: cuando la zona presenta aptitud para la categoría de uso en referencia y cuyo manejo presenta limitaciones que podría generar

impactos ambientales. No recomendable: cuando la zona no presenta aptitud para la categoría de uso.

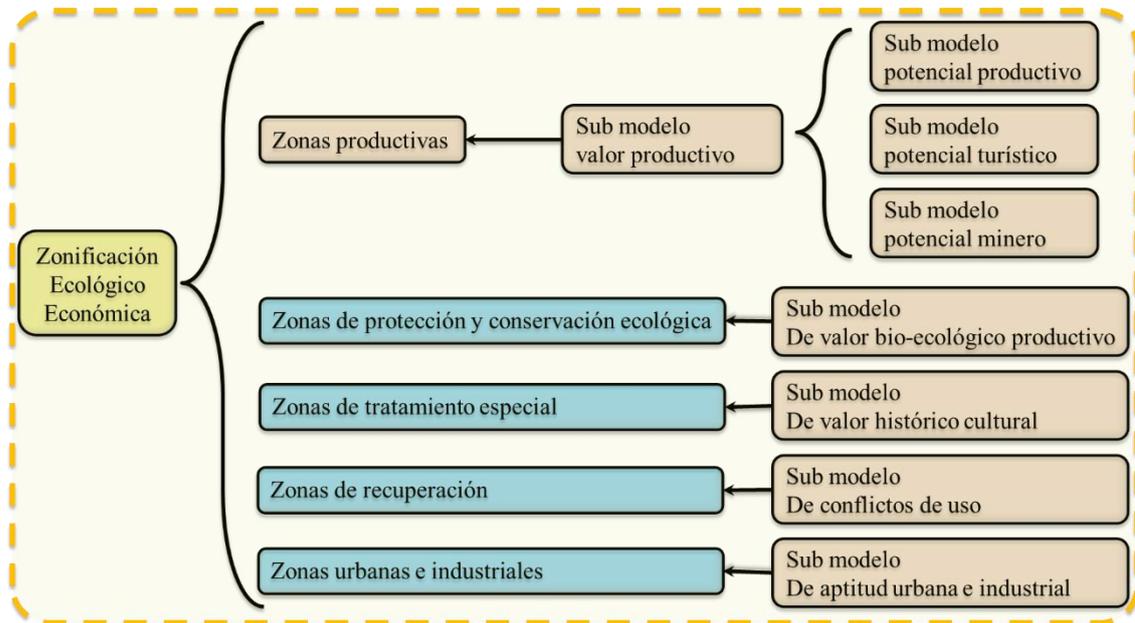


Figura 4. Estructura del modelo de ZEE

Fuente: Adaptado de Huaranca (2014)

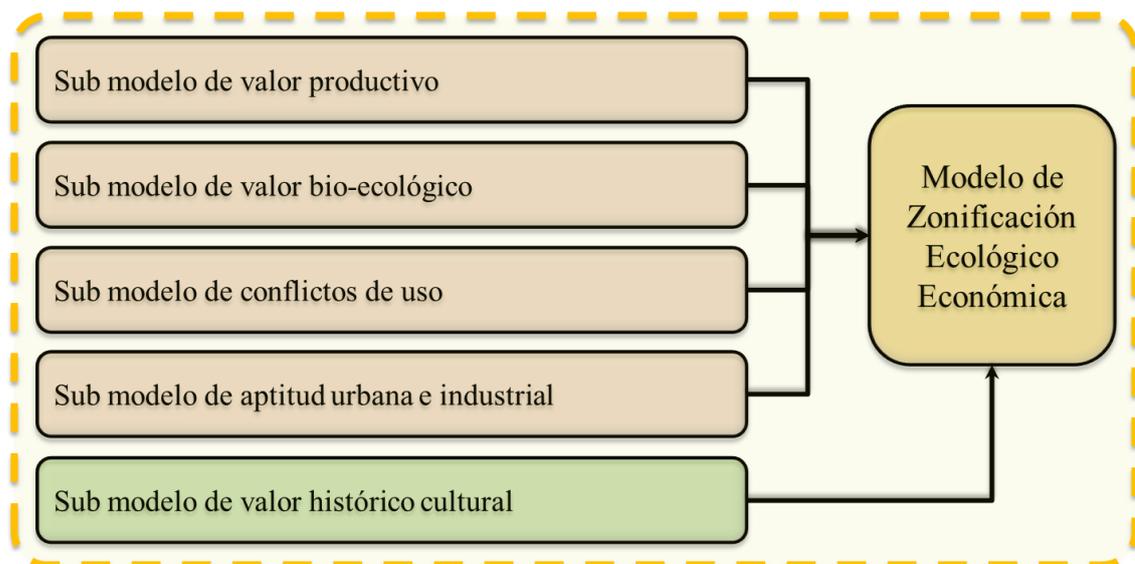


Figura 5. Flujo de procesos SIG del modelo de ZEE



Fuente: Adaptado de Huaranca (2014)

Definición de la propuesta de MZEE

EL objetivo es identificar las unidades ecológicas y económicas para determinar zonas o áreas que cuenten con las potencialidades y limitaciones del territorio, considerando las recomendaciones de uso en relación a las zonas ecológicas y económicas.

Metodológicamente el modelo de ZEE es un modelo de decisión, ya que a partir de los submodelos debe elegirse cuales son las opciones de uso más favorables para el aprovechamiento sostenible de los recursos y la ocupación ordenada del territorio.

Para ello se utilizó como referencia los criterios de exclusión planteada por el MINAM (**Figura 6**).

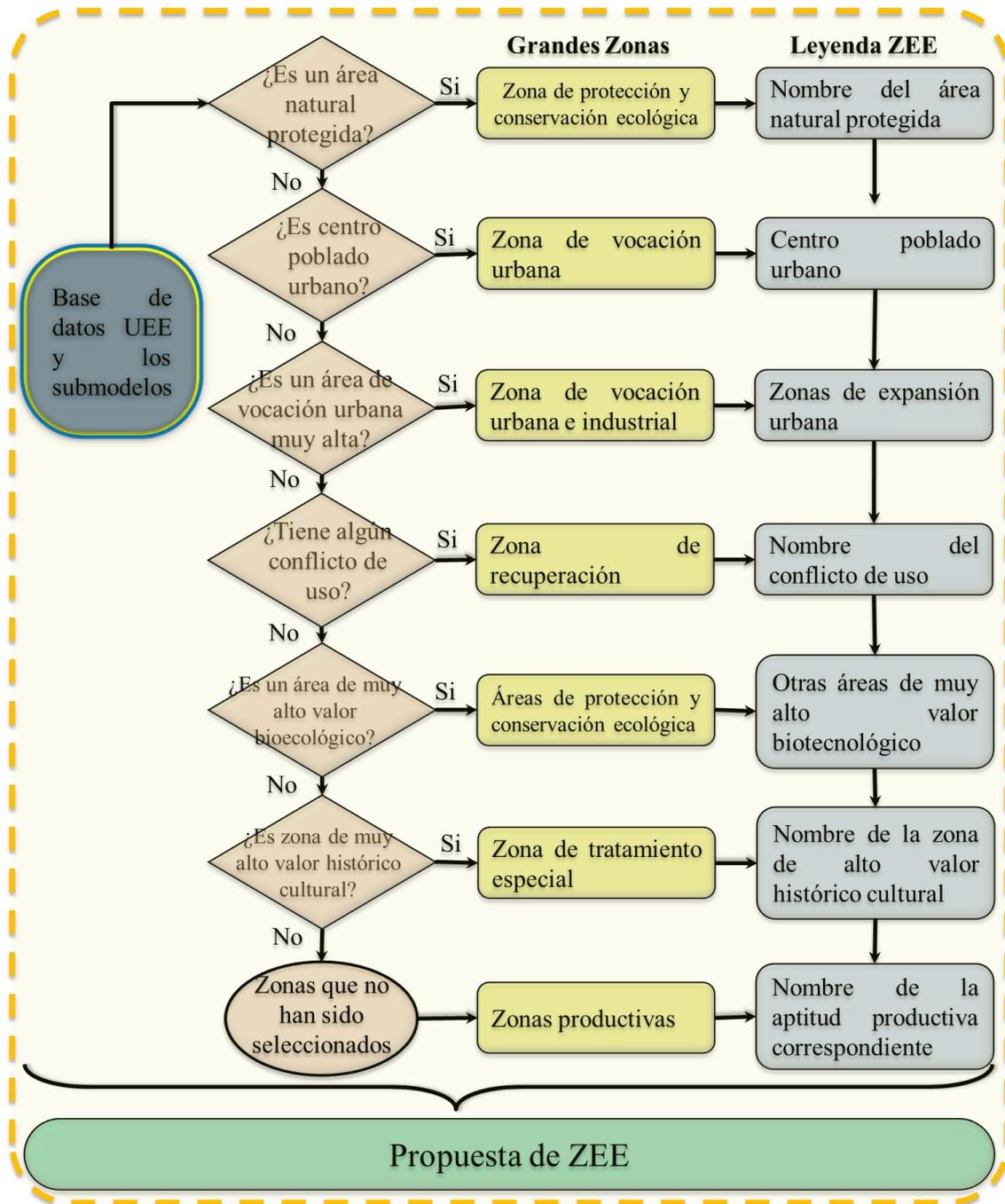


Figura 6. Flujograma de criterio de exclusión selectiva para determinar las unidades de ZEE

Fuente: Adaptado de Córdova et al. (2016); Pinasco (2007); Rodríguez (2006)



El criterio de exclusión selectiva, es un proceso mediante el cual se precisa la manera secuencial en que se irán excluyendo las UEE en función a sus características más predominantes, tomando en cuenta la sensibilidad ambiental.

iv. Definición de actividades de uso

Culminado la etapa anterior de la ZEE se procede a elaborar la matriz de compatibilidad de usos para la propuesta de ZEE que será incluida en el mapa, considerando en primera instancia como uso compatible a los submodelos de alto valor y además otros posibles usos de función a la realidad de cada ámbito y opinión de expertos.

Se proponen las principales actividades siguientes: agricultura anual, turismo, minería, agroindustria, pecuario, forestal, explotación de energía no convencional, fomento de servicios ambientales, investigación, forestación y reforestación, camélidos sudamericanos, conservación y/o restauración e infraestructura vial.

Una vez que se identificaron las actividades, se procede a construir la matriz de la ZEE categorías de usos versus los tipos de uso, en lo cual se le asigna una calificación según la compatibilidad que exista, con los siguientes calificativos: uso recomendable, uso recomendable con restricciones, uso no recomendable y no aplica.

n. Fase de resultados

Propuesta de microzonificación ecológica y económica.

Determinar zonas ecológicas económicas de la microcuenca del río Malcomayo que permita la formulación del plan de ordenamiento territorial



Para el cumplimiento de este objetivo se aplicó los procedimientos planteados en el primer objetivo, así mismo, para el análisis y procesamiento digital de la información cartográfica multitemática recopilada, se utilizó las herramientas de sistemas de información geográfica y teledetección, así mismo se contó con participación de un equipo multidisciplinario en todo el proceso de generación, actualización y evaluación de las distintas temáticas, en ese sentido se desarrollaron los siguiente:

a) Caracterización general del territorio

Para la caracterización de la zona de estudio se tomó en cuenta la información recopilada, luego esta es analizada, generada, regenerada como actualizada al nivel de detalle requerido (nivel micro), tanto en imagen satelital como la contrastación en trabajos de campo.

b) Determinación de las UEE

Para la determinación de las UEE se evaluaron los submodelos planteados en la propuesta metodológica de MZEE. Teniendo como insumo la cartografía temática generada como actualizada (físico, biológico y socioeconómico cultural).

c) Determinación de las zonas ecológicas y económicas de la microcuenca del río Malcomayo

Para la determinación de las zonas ecológicas y económicas se evaluaron el modelo de ZEE de acuerdo a lo planteado en la propuesta metodológica.

d) Elaboración del mapa de propuesta de MZEE de la microcuenca del río Malcomayo

Como resultado final se generó el mapa de la propuesta de MZEE de la microcuenca del río Malcomayo.

Para la construcción de los mapas se ha seguido los flujogramas del Model Builder del ArcGis que se muestra en la **Figura 7**, **Figura 8**, las figuras fueron para las primeras etapas de la caracterización de la cuenca y la **Figura 4**, **Figura 5** y **Figura 6**, para la construcción del mapa de la zonificación económica y ecológica de la microcuenca de Malcomayo.

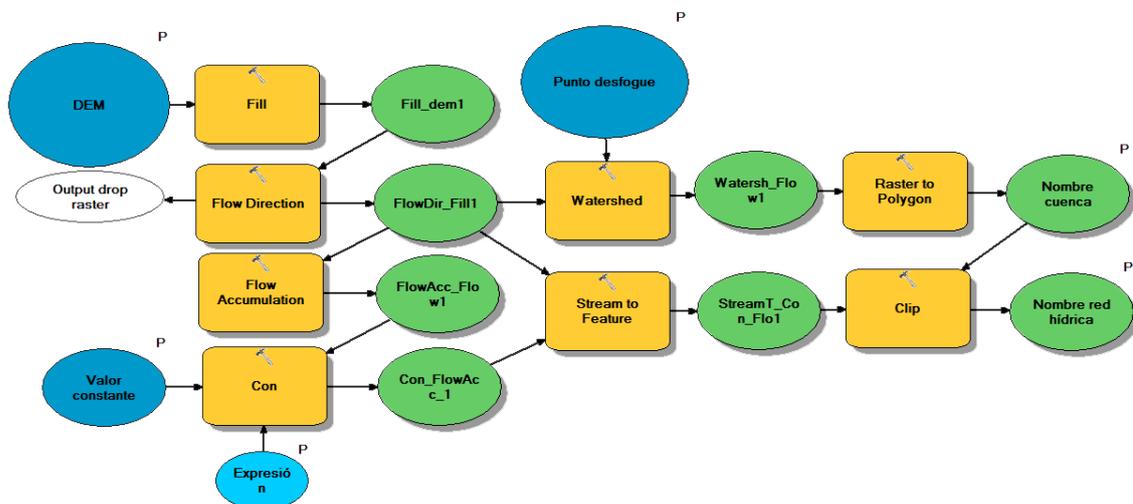


Figura 7. Flujo de procesos en el SIG para la caracterización de la microcuenca

Fuente: Elaboración propia

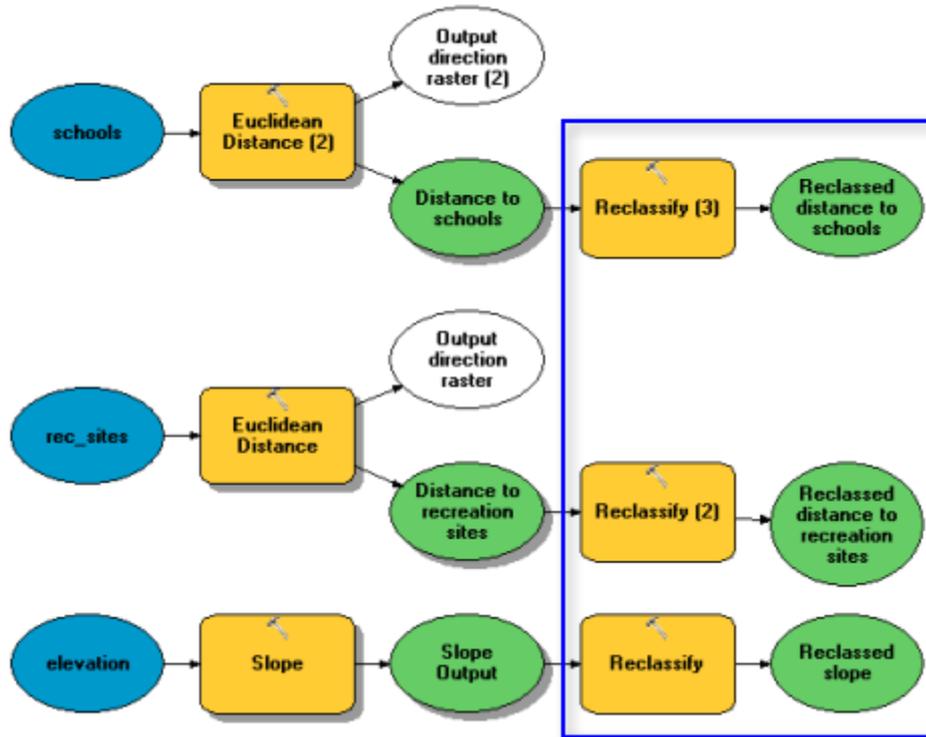


Figura 8. Flujo de procesos en el SIG para el modelo de ZEE

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan son en tres fases, en la primera se muestra la caracterización geomorfológica de la microcuenca; la formulación la propuesta de microzonificación ecológica económica en la microcuenca del río Malcomayo.

4.1 RESULTADOS

Para este caso se describe los cálculos previos para el análisis de todos los datos para el logro de los objetivos propuestos:

4.1.1. Caracterización geomorfológica de la microcuenca

Se ha caracterizado la microcuenca del río de Malcomayo, en donde se puede decir que pertenece a una cuenca grande según lo menciona Visión Mundial (2001), las características de la microcuenca del río de Malcomayo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características de la cuenca

Cuenca	Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud curso (km)	Pendiente (%)	Cota Máx. (msnm)	Cota Mín. (msnm)
Río Malcomayo	368.585	98.464	23.223	9.741	4806.00	3928.00

Fuente: Elaboración propia

Además, se muestra las fórmulas y un resumen de los parámetros de forma de la subcuenca analizada en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Parámetros de forma de la subcuenca

Parámetros		Und	Nomenclatura	Subcuenca del río Conduriri	
Parámetros de forma Área total de la cuenca	Área total de la cuenca	Km ²	A	368.585	
	Perímetro de la cuenca	Km	P	98.464	
	Longitud (Curso más largo)	Km	L	23.223	
	Ancho Medio	Km	$A_p=A/L$	15.871	
	Coefficiente de Compacidad	*	$K_c=0.282*(P/A^{1/2})$	0.146	
	Factor de Forma	*	$F_c=A/L^2$	0.683	
	Rectángulo equivalente	Lado mayor	Km	$L = K_c*(\pi*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/\pi*K_c^2))$	83.246
		Lado menor	Km	$B= A / L$	15.871
	Radio de Circularidad			$R_c=4*\pi*A/P^2$	0.478

Fuente: Elaboración propia

La curva hipsométrica de la cuenca encontrada es como se muestra en la **Figura 9**, la altitud mediana es de 4,528.74 metros sobre el nivel del mar, donde me indica que la curva hipsométrica que refleja con precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca y la dinámica del ciclo de erosión.

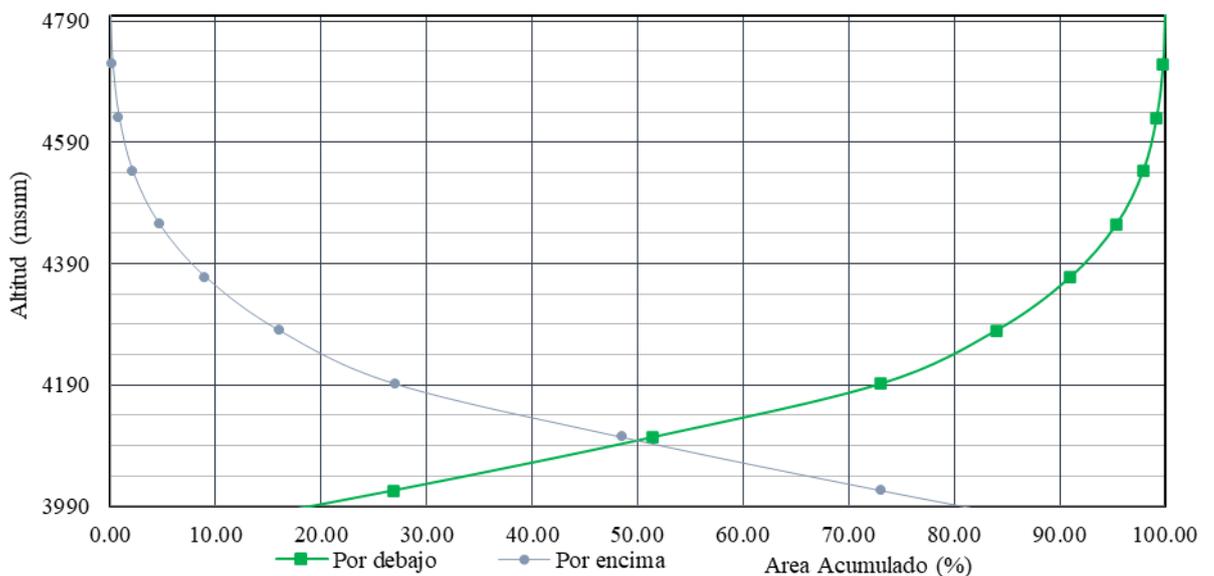


Figura 9. Curva hipsométrica

Fuente: Elaboración propia

Se denomina elevación mediana de una cuenca hidrográfica aquella que determina la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área; es decir, la

elevación correspondiente al 50% del área total (Alfaro, 2011; Arosemena, 2010; Benegas, 2008; Gómez & García, 2006; Gonzales & Alfaro, 2008).

Se presenta el polígono de frecuencias de áreas parciales, donde me indica que las alturas que más predominan son: 4,016 (26.87%) al 4,280 (10.98%), que se encuentran en ese rango que representan cada una en un 15%, las alturas mencionadas hacen un 83.98%, razón por la cual que la altura media está en una altura de 4853.03 m.s.n.m.

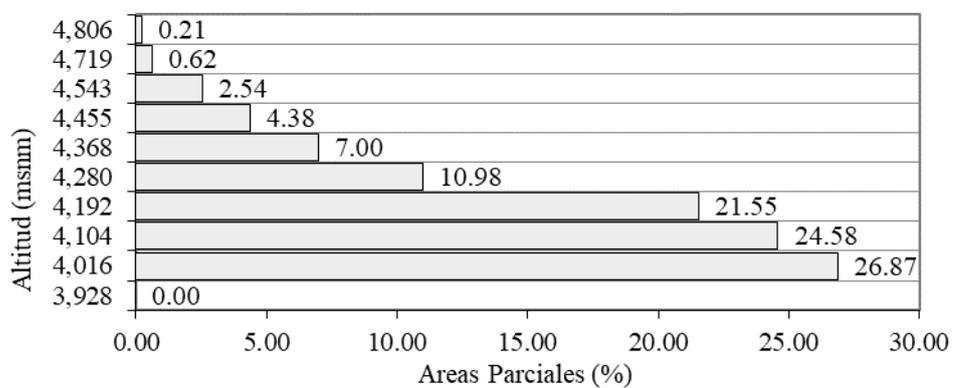


Figura 10. Polígono de frecuencias de áreas parciales

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 11**, se presenta el rectángulo equivalente, indica que tiene el mismo perímetro y superficie que la cuenca. En consecuencia, tiene el mismo índice de compacidad e igual repartición hipsométrica.

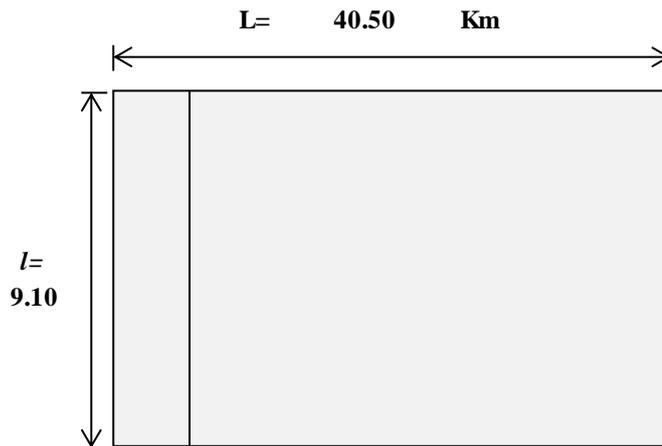


Figura 11. Rectángulo equivalente

Fuente: Elaboración propia

La pendiente media del río es un parámetro empleado para determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos. Se ha determinado entre la diferencia de la cota mayor y la cota menor entre la longitud total, multiplicado por el porcentaje; en este caso la pendiente del río es de 1.1236% o puede ser 1.1236‰, como se muestra en la **Figura 12**.

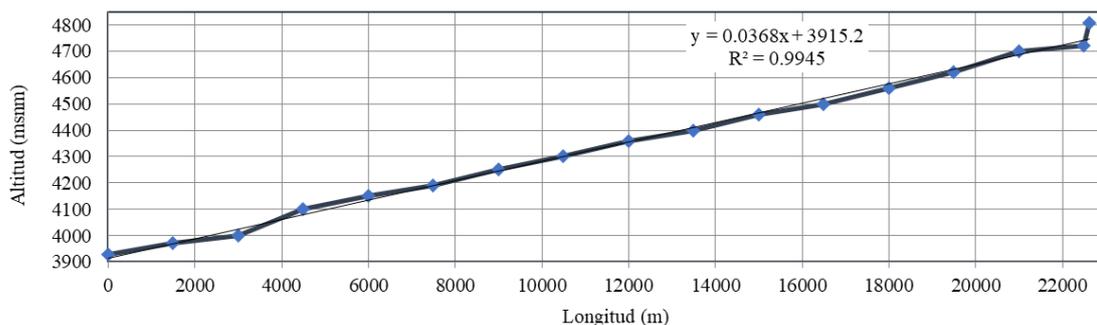


Figura 12. Pendiente del río principal

Fuente: Elaboración propia

La pendiente se ajusta a una recta con la ecuación es $y=0.0368x+3915.2$, en el cual el ajuste del R^2 es de 99.45%, se puede decir que tiene un buen ajuste.

Se tiene cálculo de pendiente media de la cuenca que es de 9.741%, para luego considerar o comparar con la clasificación de pendientes que se muestran en la **Tabla 5** y la **Tabla 6**.

Tabla 5. Cálculo de pendiente media de la cuenca

Rango pendiente		Promedio	Número de ocurrencia	Promedio x ocurrencia
Inferior	Superior			
0	5	2.5	725,551.00	1,813,877.50
5	12	8.5	844,949.00	7,182,066.50
12	18	15.0	511,565.00	7,673,475.00
18	24	21.0	213,880.00	4,491,480.00
24	32	28.0	57,959.00	1,622,852.00
32	44	38.0	4,930.00	187,340.00
44	100	72.0	87.00	6,264.00

Fuente: Elaboración propia

Según la **Tabla 5**, y la pendiente de la subcuenca pertenece a una pendiente de 5% a 12%, que corresponde a ligeramente ondulado.

Tabla 6. Clasificación según la pendiente

Rango pendiente		Porcentaje %	Tipo
Inferior	Superior		
0	5	< 5	Plano
5	12	5 - 12	Ligeramente ondulado
12	18	12 - 18	Ondulado
18	24	18 - 24	Fuertemente ondulado
24	32	24 - 32	Escarpado
32	44	32 - 44	Fuertemente escarpado
44	100	> 44	Montañoso

Fuente: Elaboración propia

Se considera la pendiente para diferentes estudios, como para la velocidad del caudal, el escurrimiento, la erosión de suelos, transporte de sedimentos, entre otros estudios que involucra la hidrología.

4.1.2. Determinación de las zonas de microzonificación ecológica y económica de la microcuenca de río Malcomayo

4.1.1.1 Caracterización física

Se cuenta con la caracterización de la microcuenca y el mapa de pendientes (**Figura 13**), de los cuales la pendiente de la cuenca es de 2.168% considerando una pendiente media según áreas del 9.741%, considerándose como una cuenca ligeramente ondulada según **Tabla 6**.

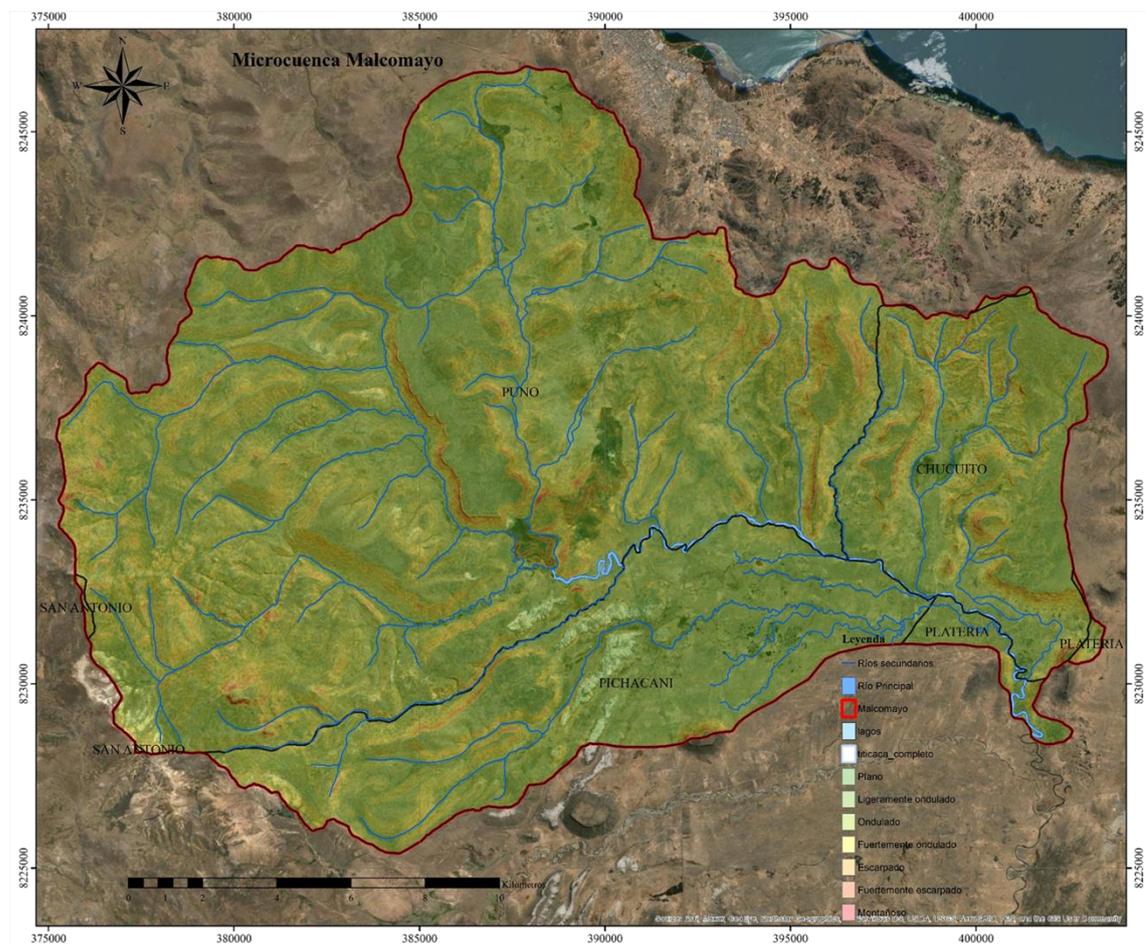


Figura 13. Mapa de pendientes

Fuente: Elaboración propia

La clasificación climática de la microcuenca (**Figura 14**), de los cuales predomina ligeramente húmedo, deficiencia de agua poco o nada, microtermal con un 56.42% del área y el semihúmedo, deficiencia de agua poco o nada, microtermal con un 33.19% del área total de la microcuenca según **Tabla 7**.

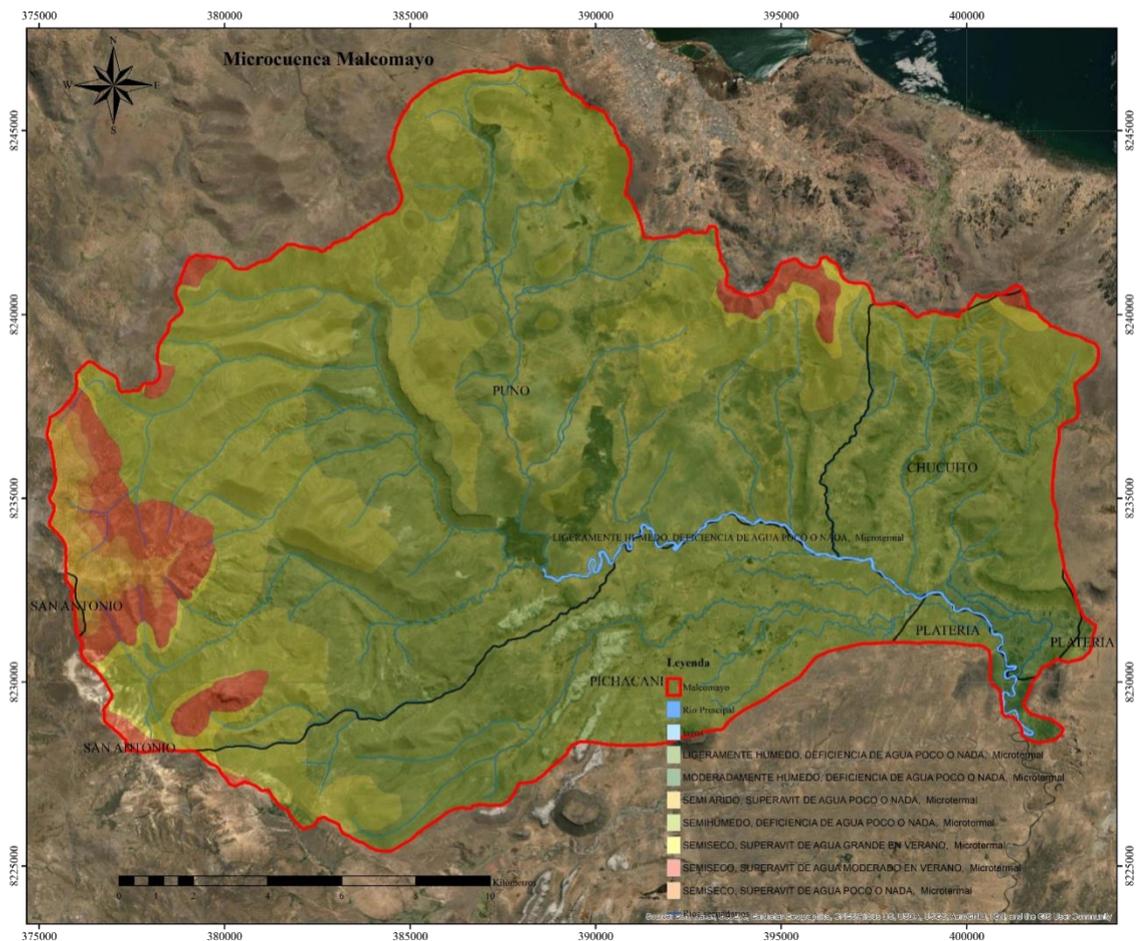


Figura 14. Mapa de clasificación climática

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 7**, es la cantidad que representa según el área de la microcuenca, en el cual se evidencia en la **Figura 14**, ya anteriormente presentada.

Tabla 7. Clasificación climática

Simbología	Descripción	Precipitación total acumulada	Altitud	Área (km ²)	%
B1rC'2a'	Ligeramente húmedo, deficiencia de agua poco o nada, microtermal	200-1400	3100-5000	207.955	56.42%
B2rC'2a'	Moderadamente húmedo, deficiencia de agua poco o nada, microtermal	200-1600	3100-4900	6.639	1.80%
C1dC'2a'	Semiseco, superávit de agua poco o nada, microtermal	200-1600	3200-5100	3.512	0.95%
C1s'2C'2a'	Semiseco, superávit de agua grande en verano, microtermal	200-1000	3600-5100	6.470	1.76%
C1s'C'2a'	Semiseco, superávit de agua moderado en verano, microtermal	200-1600	3200-5200	17.079	4.63%
C2rC'2a'	Semihúmedo, deficiencia de agua poco o nada, microtermal	200-1600	3200-5100	122.350	33.19%
DdC'1a'	Semi árido, superávit de agua poco o nada, microtermal	200-1000	4000-5500	2.369	0.64%
DdC'2a'	Semi árido, superávit de agua poco o nada, microtermal	200-1600	3300-5000	2.211	0.60%
Total general				368.58	100.00%

Fuente: Elaboración propia

La caracterización de precipitación media anual se presenta en la **Figura 15**, de los cuales la el rango de precipitación 400 - 600 mm, representa un área de 35.544 km² haciendo un 9.64%, del área, y el rango de precipitación 600 - 800 mm representa un área de 333.040 km² haciendo un 90.36% del área total de la microcuenca.

La humedad relativa en el área de estudio se detalla en el **Tabla 8**, en el cual en un 27.80% se encuentra el rango de humedad relativa de 45 – 48, representando un área de 102.473 km², seguido de 42-45 (19.66%); 48-51 (19.51%); 51-54 (13.00%) y 54-57 (10.90%), hace una representación del 90.87% y el resto representa en un 9.13%, que son excepcionales en la zona de estudio. Dichos valores descritos se presenta en la **Figura 16**.

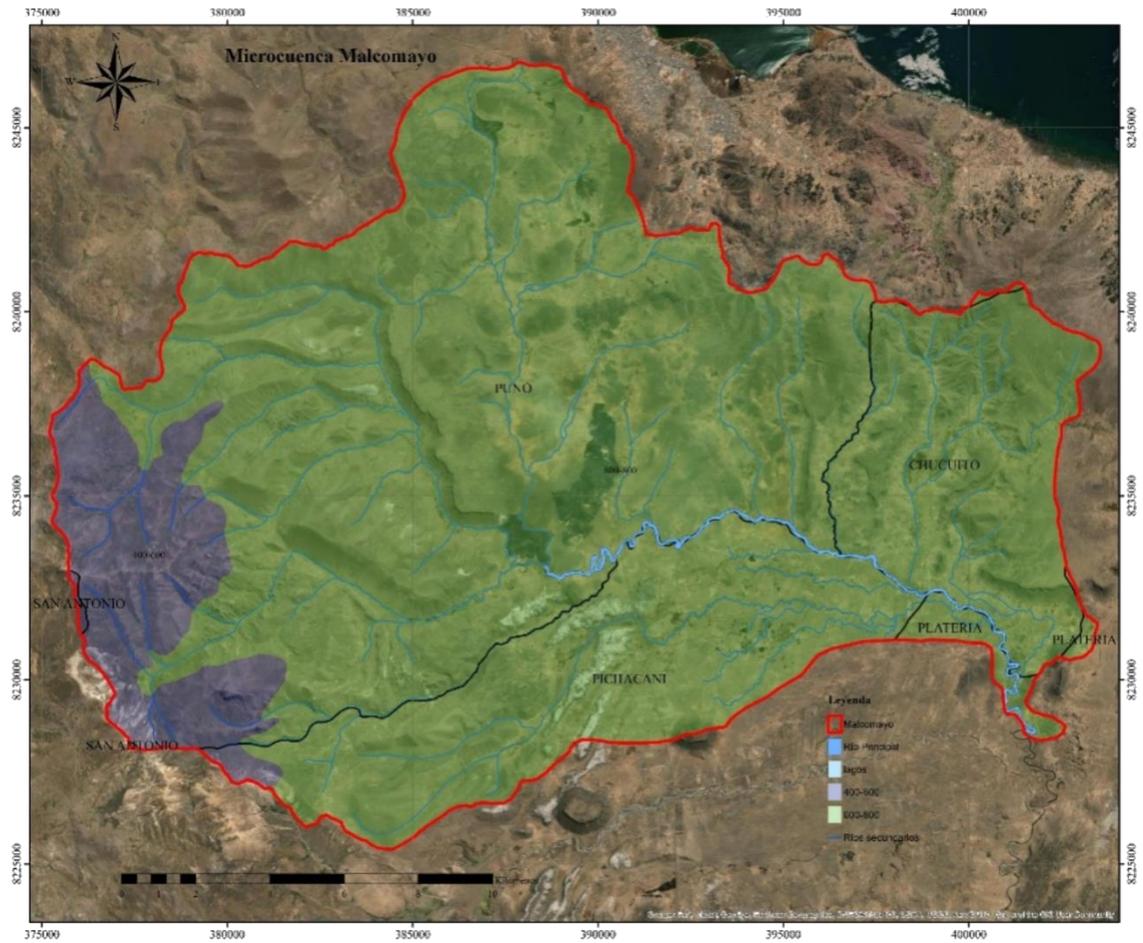


Figura 15. Mapa de precipitación media anual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Humedad relativa

Ítem	Descripción	Área (km ²)	%
1	39-42	5.419	1.47%
2	42-45	72.449	19.66%
3	45-48	102.473	27.80%
4	48-51	71.923	19.51%
5	51-54	47.904	13.00%
6	54-57	40.187	10.90%
7	57-60	28.002	7.60%
8	60-63	0.229	0.06%
Total general		368.58	100.00%

Fuente: Elaboración propia

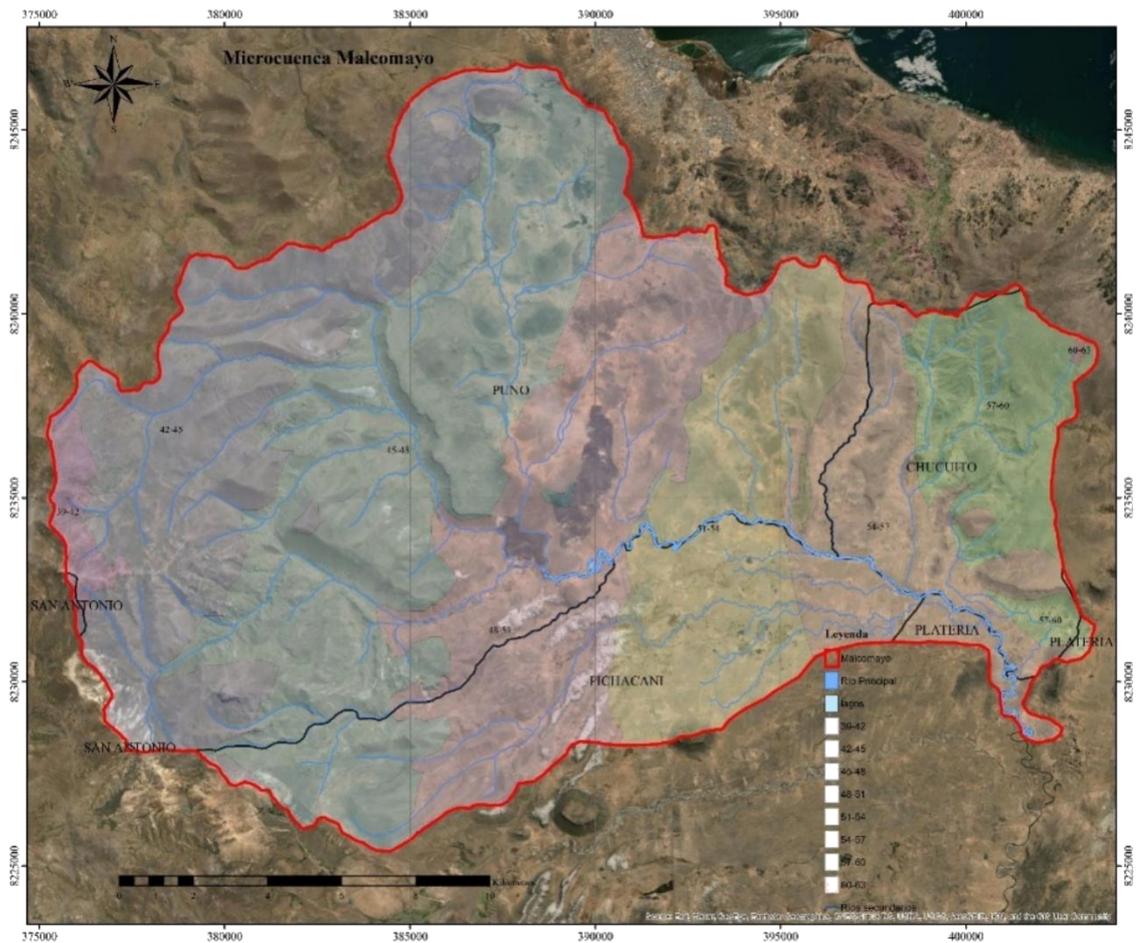


Figura 16. Mapa de humedad relativa

Fuente: Elaboración propia

La litoestratigrafía (del griego λίθος [lithos] 'piedra' y del latín stratus, 'estrato') es una división especializada de la estratigrafía que estudia las formaciones de los estratos de roca y su relación geométrica espacial con respecto a la estructura y composición de las rocas sin considerar los fósiles característicos. Los enfoques principales incluyen geocronología, geología comparativa y petrología. Generalmente, un estrato será ígneo o sedimentario en relación con la formación de la roca.

La caracterización de litoestratigráfico de la microcuenca se muestra en la **Figura 17** y **Tabla 9**, que se encuentran en la microcuenca de estudio.

Tabla 9. Litoestratigráfica

Simbología	Unidad	Descripción	Litoestratigrafía	Era	Sistema	Serie	Área (km ²)	%
Kis-ay	Formación Ayabacas	Calizas micríticas laminares y bioturbadas, lentes de chert, arcillitas rojas y areniscas calcáreas	Formación Ayabacas	Mesozoico	Cretáceo	Inferior/Superior	6.506	1.77%
Laguna	Laguna	Acumulaciones de agua depositadas en depresiones	Laguna	Laguna	Laguna	Laguna	0.096	0.03%
N-dm/an	Intrusivo andesítico del Neógeno	Domo andesítico	Intrusivos Cenozoicos	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	0.054	0.01%
N-po	Pórfido riolítico del Neógeno	Pórfido riolítico	Pórfidos Cenozoicos	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	3.692	1.00%
N-se	Formación Sencca	Tufos lílicos brechoides de composición riolítica con variación a tobas andesíticas y dacíticas; presentan grandes cristales de cuarzo, feldespatos y biotitas	Formación Sencca	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	1.086	0.29%
N-um/tqbab	Formación Umayo Trauibasaltos	Lavas traquibasálticas y andesíticas basálticas	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	0.000	0.00%
N-Ba/ar	Formación Arcopunco	Ignimbritas	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	5.599	1.52%
N-Ba/ca	Formación Casamiento	Tobas blanquecinas y rosadas	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	3.465	0.94%
Nm-ma/sed	Grupo Maure Sedimentario	Facies sedimentarias, calizas, arenas arcólicas, material volcánico re TRABAJADO de color verde	Grupo Maure	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	72.697	19.72%
NQ-Lla/ap	Subvolcánico Llanqueri de andesitas porfíricas	Lavas andesíticas porfíricas	Grupo Tacaza	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	4.217	1.14%
NQ-Lla/bx+a	Subvolcánico Llanqueri de brechas y andesitas	Brechas y lavas andesíticas porfíricas	Grupo Tacaza	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	12.059	3.27%
NQ-um/ab	Formación Umayo Andesitas	Lavas andesíticas basálticas	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	24.695	6.70%
NQ-um/dm	Formación Umayo Domos	Ignimbritas y andesitas basálticas	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	0.280	0.08%
NQ-um/dm/a	Formación Umayo Domos	Domos andesíticos	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	0.553	0.15%
NQ-um/ig.ab	Formación Umayo Ignimbritas	Ignimbritas y lavas andesíticas basálticas	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	6.971	1.89%
NQ-Ba/u	Formación Umayo Lava Andesítica	Lava andesítica	Grupo Barroso	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Plioceno/Pleistoceno	16.328	4.43%
P-pu	Grupo Puno Areniscas Feldespáticas	Areniscas feldespáticas y líticas interestratificadas con conglomerados polimícticos de clastos subredondeados de calizas, cuarcitas y areniscas rojizas calcáreas como matriz; intercalados con areniscas conglomerádicas, vulcanitas y	Grupo Puno	Cenozoico	Paleógeno	Paleoceno/Oligoceno	0.281	0.08%
PN-ta	Grupo Tacaza de Lavas y Brechas Andesíticas	Lavas y brechas de naturaleza andesítica con vulcanitas y aglomerados grises	Grupo Tacaza	Cenozoico	Paleógeno/Neógeno	Oligoceno/Mioceno	65.102	17.66%
PN-ta/bx	Grupo Tacaza Brechoso	Andesita afanítica con abundante hornblenda	Grupo Tacaza	Cenozoico	Paleógeno/Neógeno	Oligoceno/Mioceno	0.784	0.21%
PN-ta/in	Grupo Tacaza Indiferenciado	Lavas andesíticas porfíricas de plagioclasa y hornblenda, brechas volcánicas verdosas	Grupo Tacaza	Cenozoico	Paleógeno/Neógeno	Oligoceno/Mioceno	4.642	1.26%
PN-ta/in	Grupo Tacaza Indiferenciado	Lavas andesíticas porfíricas de fenos de plagioclasas y hornblendas interestratificadas	Grupo Tacaza	Cenozoico	Paleógeno/Neógeno	Oligoceno/Mioceno	35.208	9.55%
PN-Ta/in	Grupo Tacaza Indiferenciado	Lavas andesíticas porfíricas de fenos de plagioclasas y hornblendas interestratificadas	Grupo Tacaza	Cenozoico	Paleógeno/Neógeno	Oligoceno/Mioceno	2.388	0.65%
PN-tc	Volcánico Carayccasa	Andesitas y basaltos estratificados con intercalaciones con conglomerados y material volcánico de color verde	Grupo Tacaza	Cenozoico	Paleógeno/Neógeno	Oligoceno/Mioceno	1.906	0.52%
Qh-al	Depósitos Aluviales	Gravas redondeadas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa	Cuaternario Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	93.043	25.24%
Qh-coal	Depósitos Coluvio Aluviales	Clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arena guijarrosa o grava arenosa, intercalada con arenas y limos poco gradados	Cuaternario Coluvio Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	2.684	0.73%
Qh-a2	Depósitos Aluviales (2)	Depósitos restringidos a lechos de río, gravas en matriz arenosa y limoarcillitas lenticulares	Cuaternario Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.941	0.26%
Qh-bo	Depósitos de Bofedales	Arenas, limos, arcillas negras con niveles de materia orgánica y presencia incipiente de turba	Cuaternario Bofedal	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.491	0.13%
Qpl-mo	Depósitos Morrénicos	Bloques y clastos polimícticos, depositados sin consolidación soportados por matriz limoarcillosa	Cuaternario Morrénico	Cenozoico	Neógeno/Cuaternario	Pleistoceno	1.325	0.36%
Río	Río	Áreas de acumulación y movimiento de sedimentos, gravas y arenas	Río	Río	Río	Río	1.492	0.40%
							368.58	100.00%

Fuente: Elaboración propia

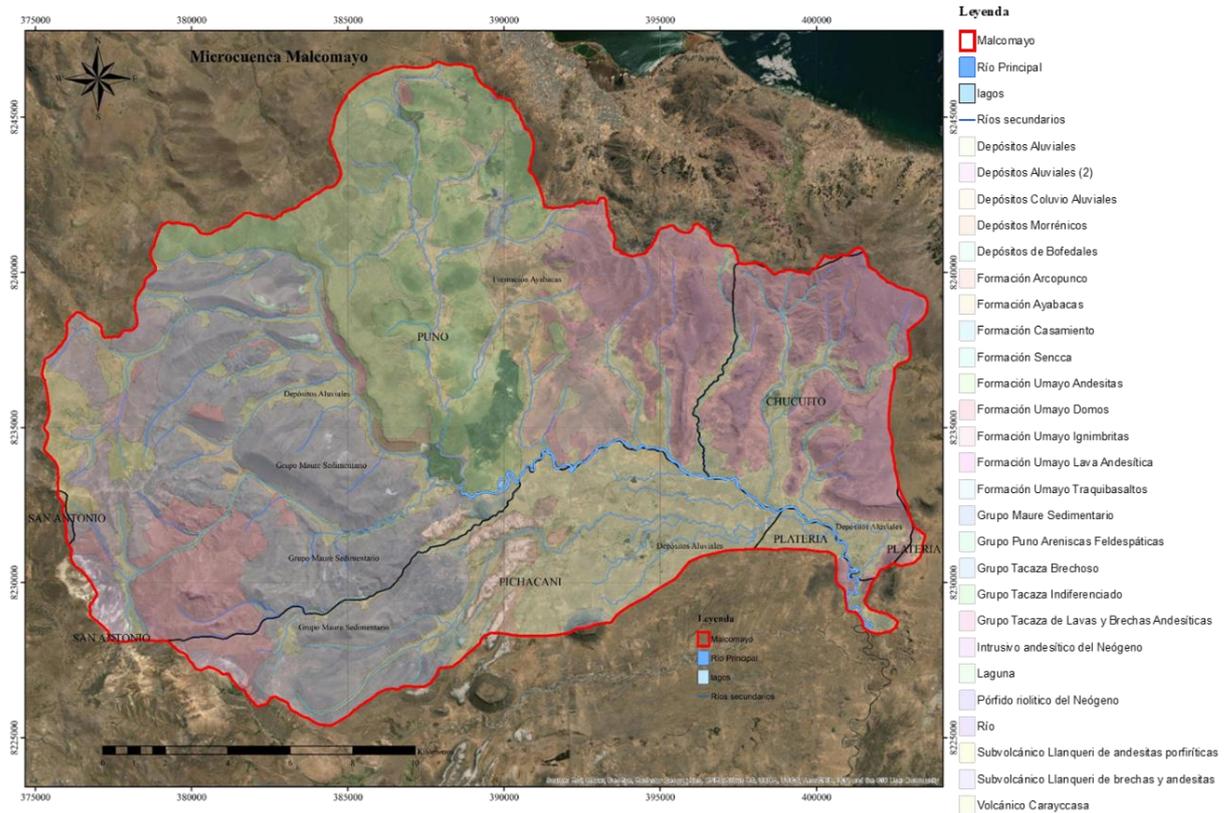


Figura 17. Mapa de litoestratigráfico

Fuente: Elaboración propia

Se tiene el mapa de áreas de riego, en donde se cuenta con Pajonal de chilligua y chiji con un área de 12.34 km² que presenta el 80.61%, seguido de Pastizal de crespillo (14.03%) y por último Pajonal de chilligua y crespillo (5.36%).

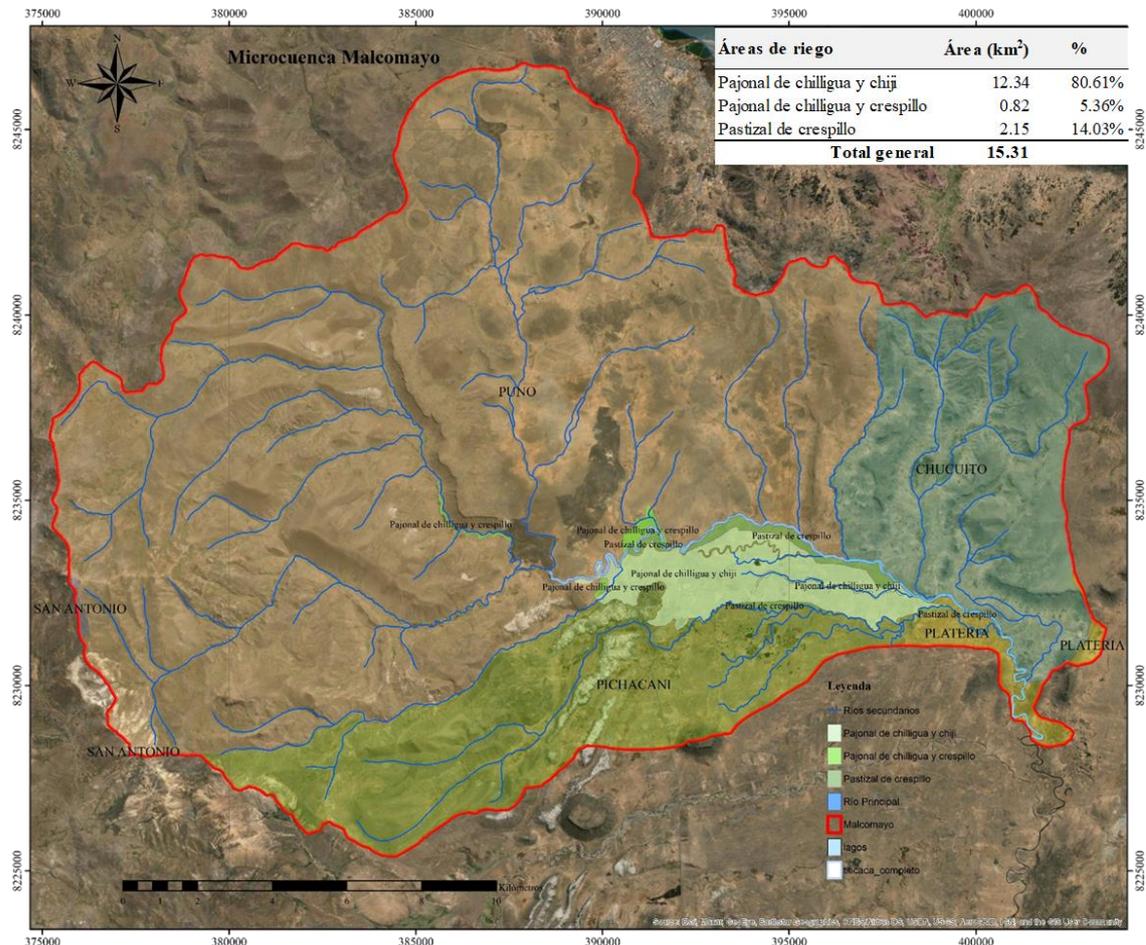


Figura 18. Mapa de áreas de riego

Fuente: Elaboración propia

Actualmente se cuenta con el uso actual de la tierra de las cuales se tiene las áreas quemadas (0.19%); Herbazal (91.07%); lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales (0.02%); ríos (50 m) (0.40%); tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas) (8.14%); turberas y bofedales (0.13%); vegetación acuática sobre cuerpos de agua (0.01%) y vegetación arbustiva / herbácea (0.03%); en su gran mayoría se tiene actualmente Herbazal (91.07%) que representa al área total de la microcuenca según la **Figura 19**.

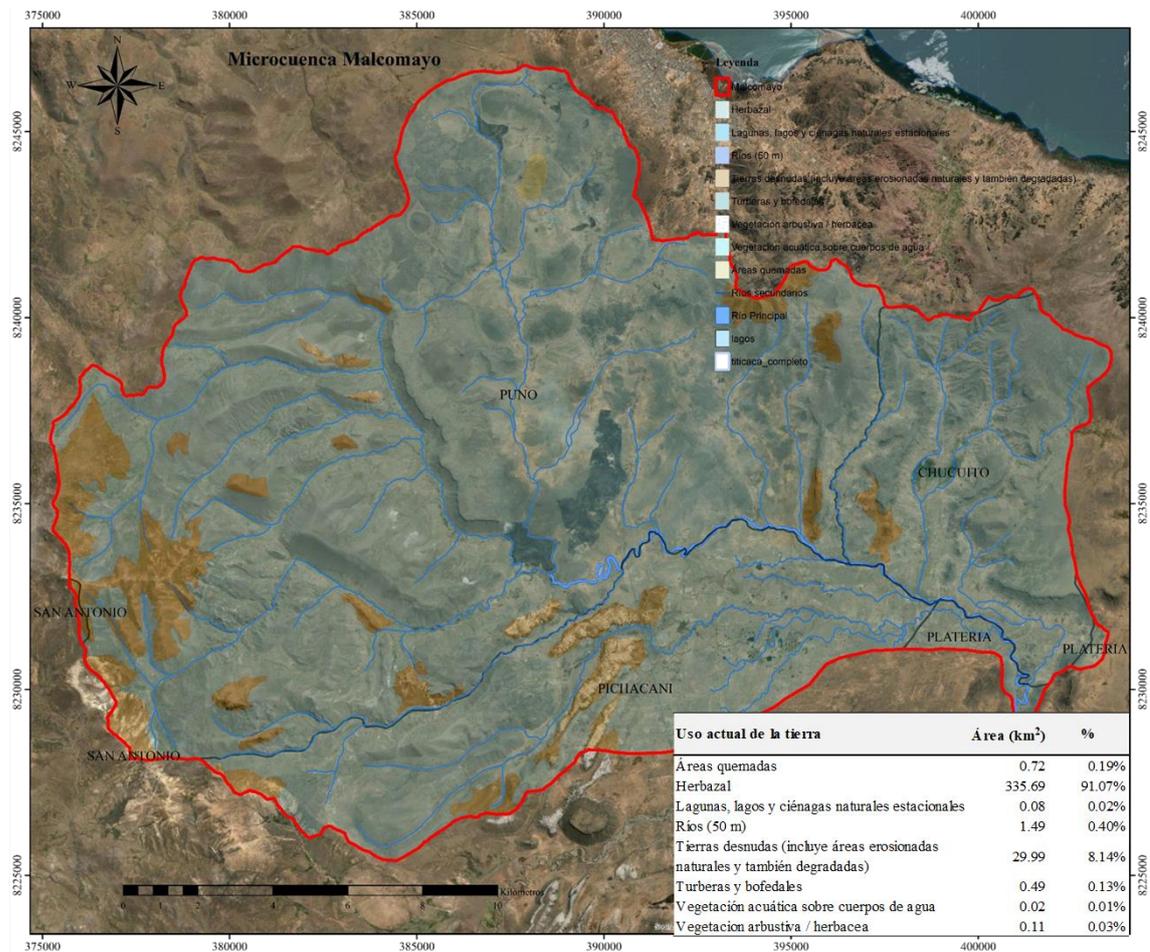


Figura 19. Mapa de uso actual de la tierra

Fuente: Elaboración propia

Se tiene la **Tabla 10**, en donde las tierras aptas para pastos de calidad agrologica alta, limitada por clima representa el (12.67%); tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima (31.96%); tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo y clima (15.46%); tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo, erosión y clima (15.73%); que representan el 75.82% del área total y el 24.18% entre ríos, laguna y otras tierras con diferentes limitaciones.

Tabla 10. Capacidad de uso mayor del suelo

Clase	Capacidad de uso mayor del suelo	Área (km ²)	%
Laguna	Laguna	0.10	0.03%
Rio	Rio	1.49	0.40%
P1	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica alta, limitada por clima	46.71	12.67%
P3	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelo y erosion	0.05	0.01%
P3	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosion y clima	117.80	31.96%
P3-X	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosion y clima - Tierras de proteccion, limitada por suelo, erosion y clima	1.90	0.52%
P3-P1	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelos, drenaje y clima - Tierras aptas para pastos de calidad agrologica alta, limitada por clima	36.52	9.91%
P3-P2	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelos, drenaje y clima - Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	35.11	9.52%
P2	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo y clima	56.98	15.46%
P2	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima	57.99	15.73%
P2-X	Tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo, erosion y clima - Tierras de proteccion, limitada por suelo, erosion y clima	2.33	0.63%
X	Tierras de proteccion, limitada por suelo, erosion y clima	11.62	3.15%

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 20** mapa de capacidad de uso mayor del suelo, que está relacionada con la **Tabla 10**, las tierras aptas o de mejor capacidad de uso de suelo se encuentra en la parte media y baja de la microcuenca.

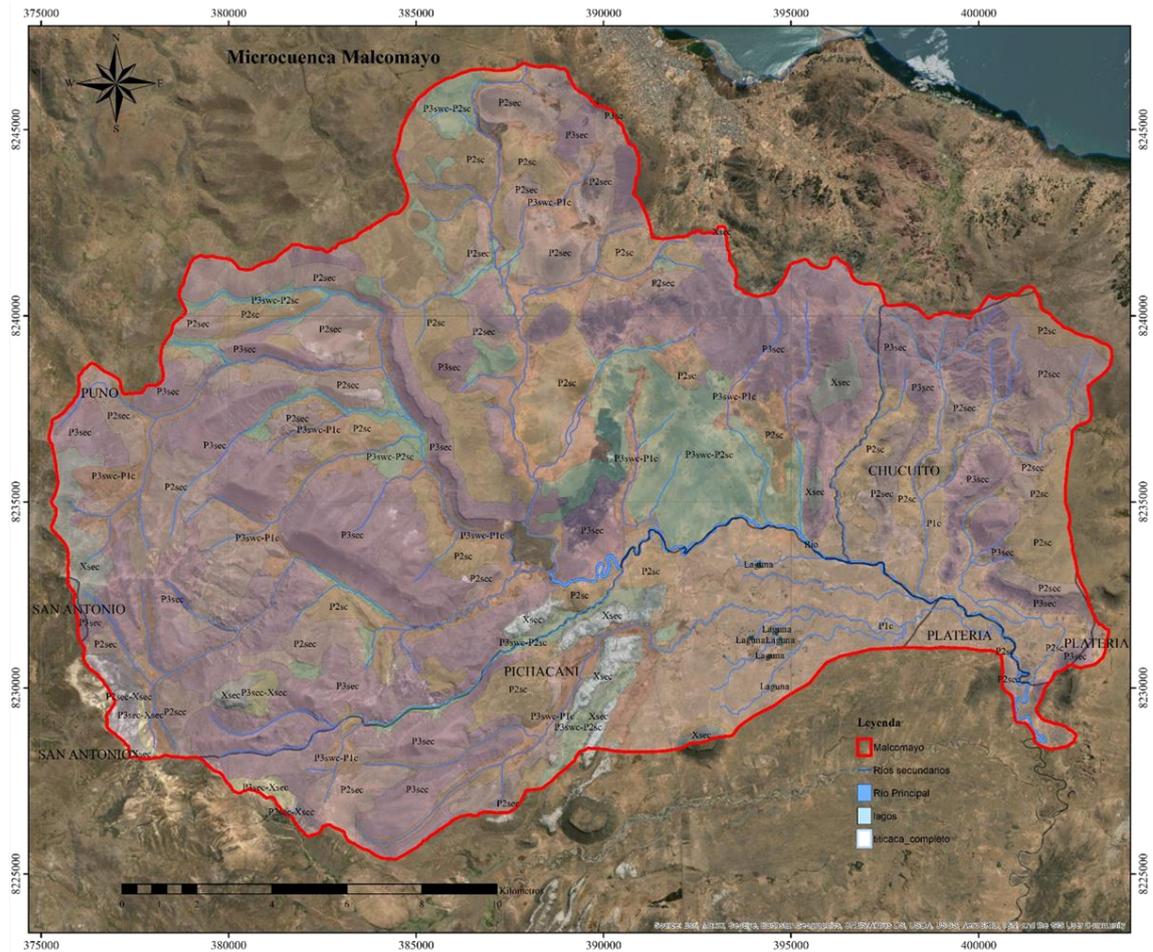


Figura 20. Mapa de capacidad de uso mayor del suelo

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2 Caracterización biológica

En la **Tabla 11**, se describe la cobertura vegetal existente en la zona de estudio, así como se muestra en la **Figura 21**; predominando por el pajonal de ichu (Pi), denominado *Stipa ichu*, *Stipa brachyphylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Tetraglochin strictum*, *Satureja boliviana*, *Caiohpora pentlandii*, *Lepechinia meyenii*, *Lepidium chichicara*, *Senecio clivicolus*, *Astragalus garbancillo*, *Chersodoma jodopappa* que representa un área de 195.070 km², que hacen un 52.92% del área de la microcuenca; el pajonal de chilligua y crespillo (Pchi-cre) denominado *Festuca dolichophylla*, *Festuca ringens*, *Calamagrostis vicunarum*,

Calamagrostis curvula, Tagetes pusilla, Plantago rigida, Tagetes multiflora, Tagetes mandonii que representa un área de 76.020 km², que hacen un 20.62% del área de la microcuenca y el pastizal de crespillo (Pacre) denominado Calamagrostis vicunarum, Calamagrostis curvula, Festuca dolichophylla, Alchemilla pinnata, Tagetes pusilla, Plantago rigida que representa un área de 60.48 km², que hacen un 16.41% del área de la microcuenca.

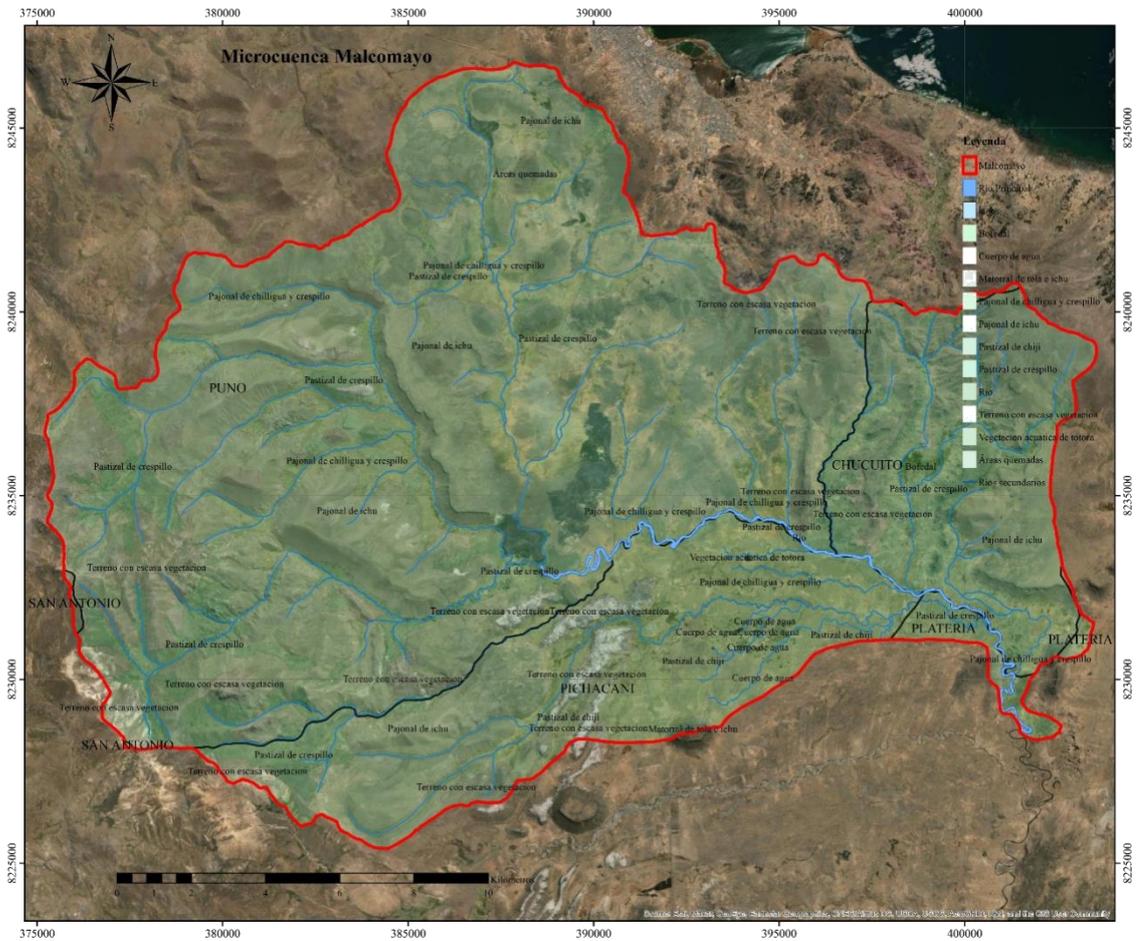


Figura 21. Mapa de cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Cobertura vegetal



Nombre de la cobertura	Simbología	Composición florística	Área (km ²)	%
Áreas quemadas	Aq	Áreas quemadas	0.716	0.19%
Bofedal	B	Distichia muscoides, Werneria pigmaea, Hypochaeris taraxacoides, Plantago major, Eleocharis albibracteata, Nostoc commune, Festuca dolichophylla, Alchemilla diplophylla	0.491	0.13%
Cuerpo de agua	Ca	Espejo de agua	0.078	0.02%
Matorral de tola e ichu	Mt-i	Parastrephia lepidophylla, Baccharis tricuneata, Parastrephia lucida, Stipa ichu, Tetraglochin strictum, Lepidium chichicara, Ephedra americana	0.113	0.03%
Pajonal de chilligua y crespillo	Pchi-cre	Festuca dolichophylla, Festuca ringens, Calamagrostis vicunarum, Calamagrostis curvula, Tagetes pusilla, Plantago rigida, Tagetes multiflora, Tagetes mandonii	76.020	20.62%
Pajonal de ichu	Pi	Stipa ichu, Stipa brachyphylla, Calamagrostis vicunarum, Tetraglochin strictum, Satureja boliviana, Caiophora pentlandii, Lepechinia meyenii, Lepidium chichicara, Senecio clivicolus, Astragalus garbancillo, Chersodoma jodopappa	195.070	52.92%
Pastizal de chiji	Pach	Muhlenbergia fastigiata, Muhlenbergia peruviana, Muehlenbeckia ligularis, Muehlenbeckia volcanica, Alchemilla pinnata, Festuca dolichophylla, Plantago major	4.121	1.12%
Pastizal de crespillo	Pacre	Calamagrostis vicunarum, Calamagrostis curvula, Festuca dolichophylla, Alchemilla pinnata, Tagetes pusilla, Plantago rigida	60.475	16.41%
Rio	R	Lecho de rio	1.492	0.40%
Terreno con escasa vegetacion	Tev	pycnophyllum molle, Tetraglochin strictum	29.991	8.14%
Vegetacion acuatica de totora	Vato	Shoenoplectus tatora	0.019	0.01%
Total general			368.58	100.00%

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 12** y la **Figura 22** se muestra de nivel de biomasa para el carbono, en donde predomina el pajonal de ichu (53.12%); pajonal de chilligua y crespillo (20.62%) y pastizal de crespillo (16.41%); que hacen un total del 90.15% y tras variedades representan el 9.85% del área total de la microcuenca.

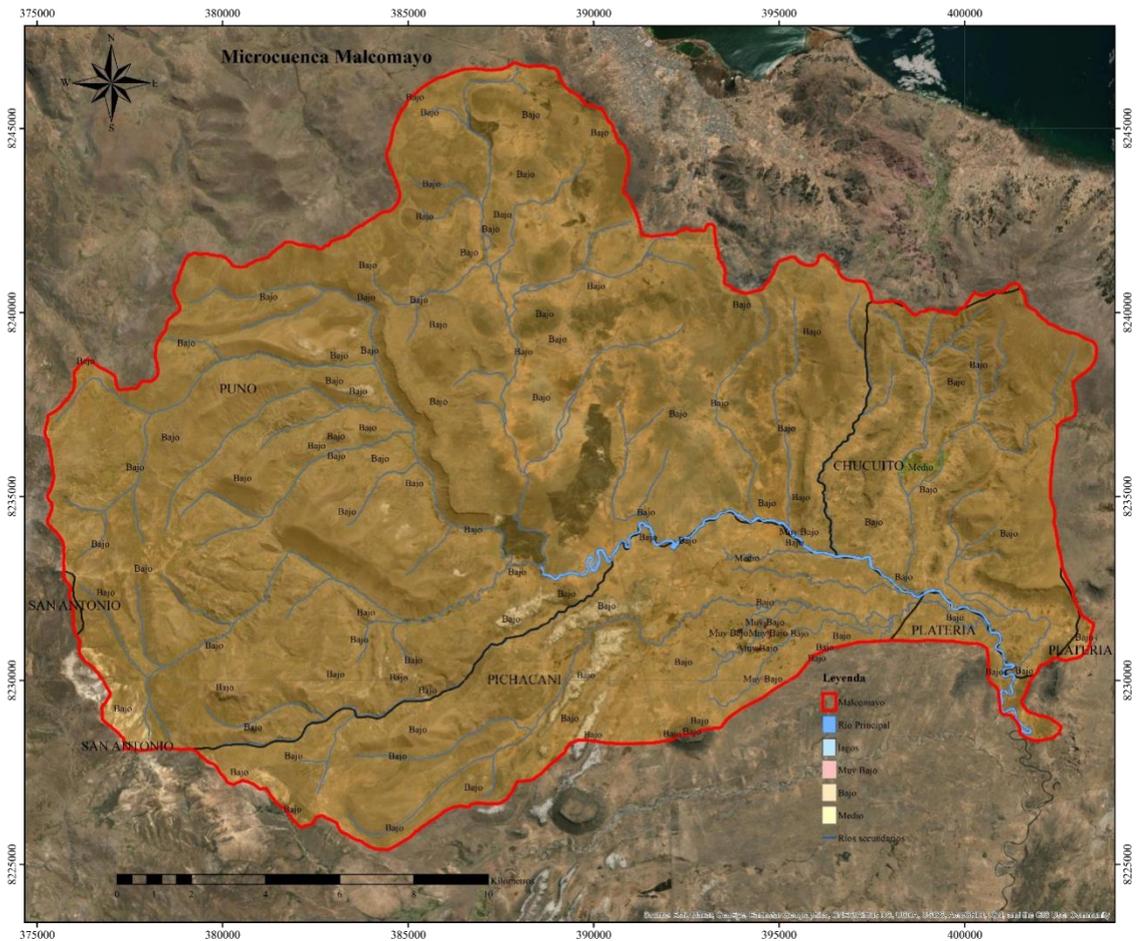


Figura 22. Mapa de aptitud para el carbono

Fuente: Elaboración propia

El nivel de biomasa representa de la siguiente manera: bajo (99.44%), medio (0.14%) y muy bajo (0.43%); en toda la microcuenca la biomasa es bajo para la captura de carbono que tiene un área del 99.44%, consideramos que es por la poca disponibilidad de recurso hídrico para riego y el humedecimiento del suelo, razón por la cual se encuentra en un nivel bajo (**Tabla 12**).

Tabla 12. Aptitud para el carbono

Nombre de la cobertura	Nivel de biomasa para el carbono	Área (km ²)	%
Pajonal de ichu	Bajo	195.786	53.12%
Áreas quemadas	Bajo	0.716	0.19%
Matorral de tola e ichu	Bajo	0.113	0.03%
Pajonal de chilligua y crespillo	Bajo	76.020	20.62%
Terreno con escasa vegetacion	Bajo	10.793	2.93%
Pastizal de chiji	Bajo	4.121	1.12%
Pastizal de crespillo	Bajo	60.475	16.41%
Terreno con escasa vegetacion	Bajo	18.482	5.01%
Vegetacion acuatica de totora	Medio	0.019	0.01%
Bofedal	Medio	0.491	0.13%
Cuerpo de agua	Muy Bajo	0.078	0.02%
Rio	Muy Bajo	1.492	0.40%
Total general		368.585	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Fauna silvestre

Hábitat de fauna silvestre	Fauna amenazada	Área (km ²)	%
Áreas quemadas	Preocupacion menor	0.716	0.19%
	Punomys lemminus (VU), Leopardus		
Matorral de tola e ichu	jacobitus(EN),Hippocamelus antisensis(VU), Rhea pennata(CR), Lama guanicoe (CR)	0.113	0.03%
	Preocupación menor		
Pajonal de chilligua y crespillo	Punomys kofordi (VU) Nothoprocta taczanowskii (VU), Asthenes,urubambensis (NT), Agriornis albicauda (VU), Oreomanes fraseri (NT), Tinamotis pentlandii (NT), Falco peregrinus (NT)	76.020	20.62%
	Preocupación menor		
Pajonal de ichu	Preocupación menor	195.070	52.92%
	Preocupación menor		
Pastizal de chiji	Preocupacion menor	4.121	1.12%
Pastizal de crespillo	Theristicus melanopis(VU)	60.475	16.41%
Rio	Preocupación menor	0.251	0.07%
Rios con presencia de peces	Preocupación menor	1.241	0.34%
Terreno con escasa vegetación	Preocupación menor	29.991	8.14%
Vegetacion acuatica de totora	Preocupación menor	0.019	0.01%
Bofedal	Phoenicopteris chilensis(NT), Vicugna vicugna (NT)	0.491	0.13%
Otras Lagunas	Preocupación menor	0.078	0.02%
Total general		368.585	100.00%

Fuente: Elaboración propia

En el **Tabla 13** y la **Figura 23**, se presenta la fauna silvestre que predomina en la zona de estudio; las especies amenazadas están en el siguiente orden: se encuentran en un hábitat de pajonal de ichu, encontrándose los *Punomys kofordi* (VU), *Nothoprocta taczanowskii* (VU), *Asthenes urubambensis* (NT), *Agriornis albicauda* (VU), *Oreomanes fraseri* (NT), *Tinamotis pentlandii* (NT), *Falco peregrinus* (NT), habitan en un área de 195.070 km², que hacen un 52.92%; pajonal de chilligua y crespillo que corresponde a una preocupación menor 76.020 km², que hacen un 20.62%; finalmente está el hábitat de pastizal de crespillo, donde habita la *Theristicus melanopis* (VU) habita en un área de 60.475 km², que hacen un 16.41%; las áreas ocupadas representan en un 89.96% y el resto representa el 10.04%, del área de la microcuenca.

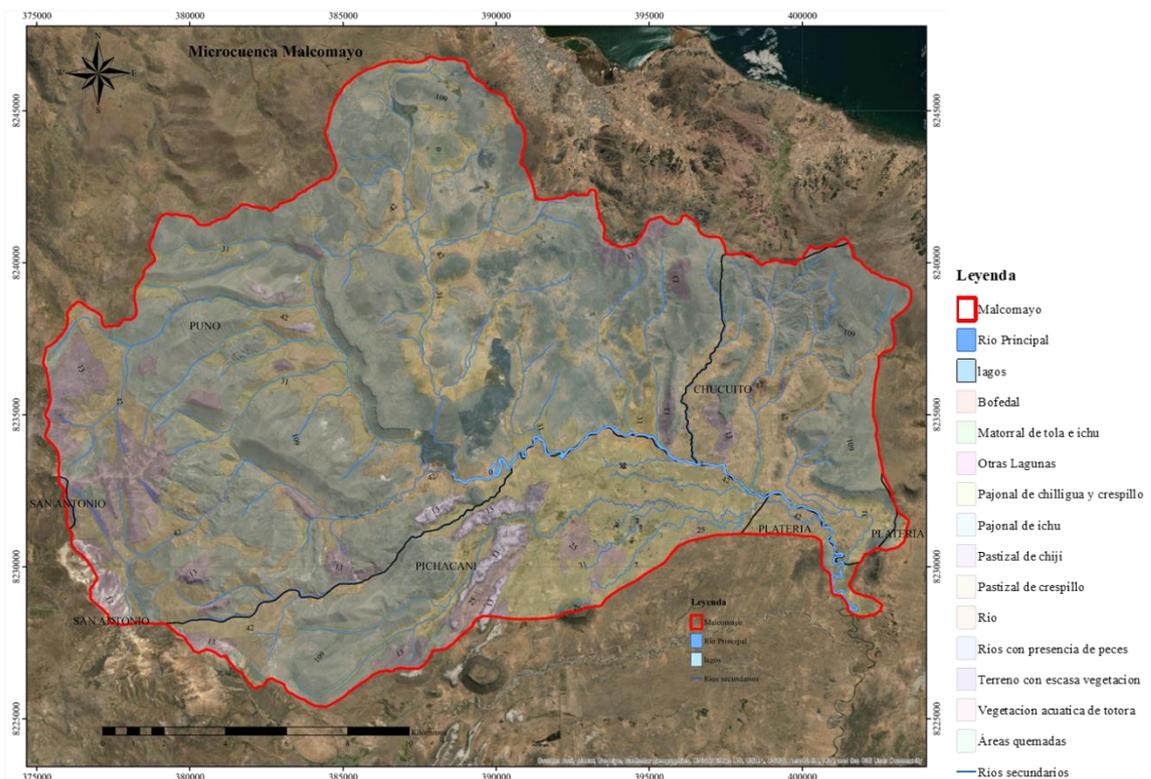


Figura 23. Mapa de fauna silvestre

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 24**, se muestra el mapa de zonas de vida, la cual está estructurado de la siguiente manera: bosque húmedo Montano Subtropical (53.72%); páramo muy húmedo Subalpino Subtropical (44.56%) y tundra pluvial Alpino Subtropical (1.72%), que representan del área total de la zona de estudio.

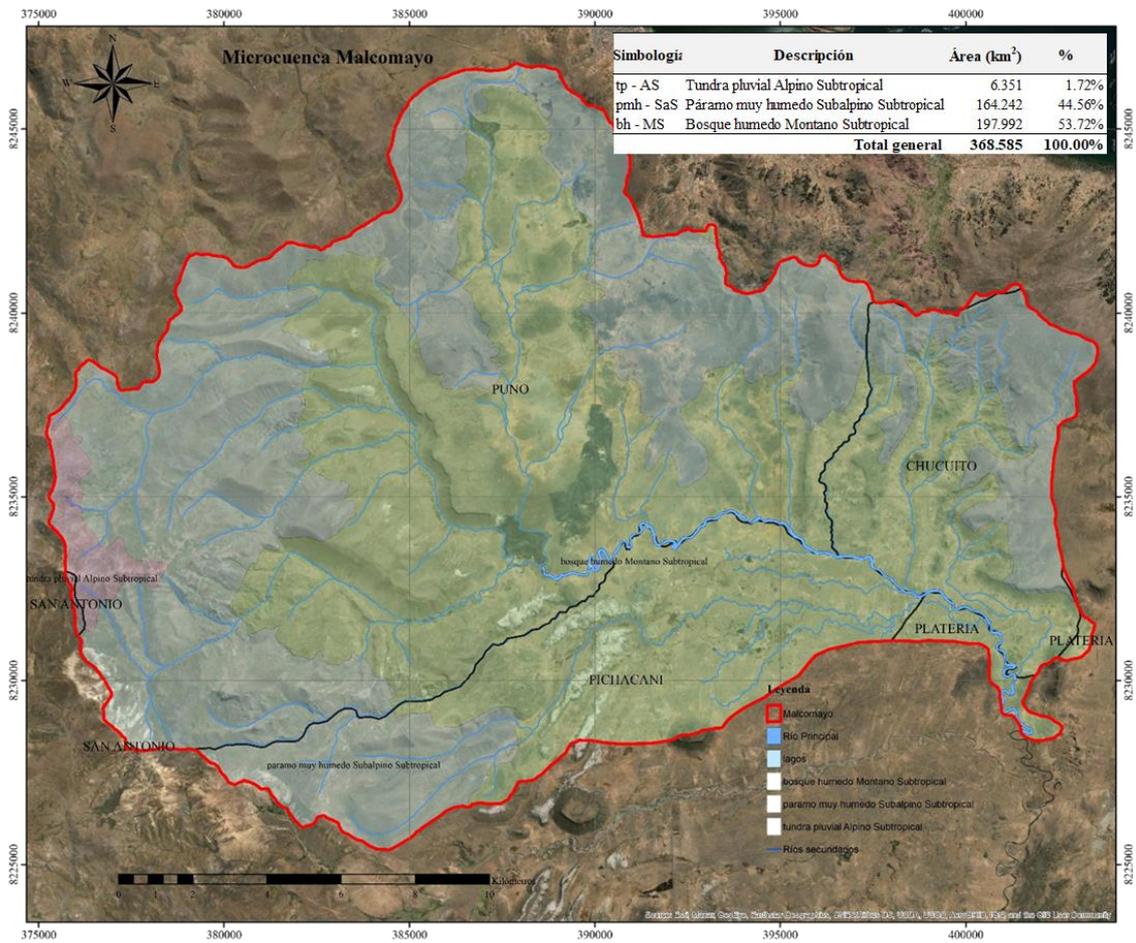


Figura 24. Mapa de zonas de vida

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 25**, se muestra las ecorregiones presentes en la zona de estudio como es las Punas de los Andes Centrales (15.22%) y las Punas Húmedas del Titicaca (84.78%), que representan el área total de la microcuenca.

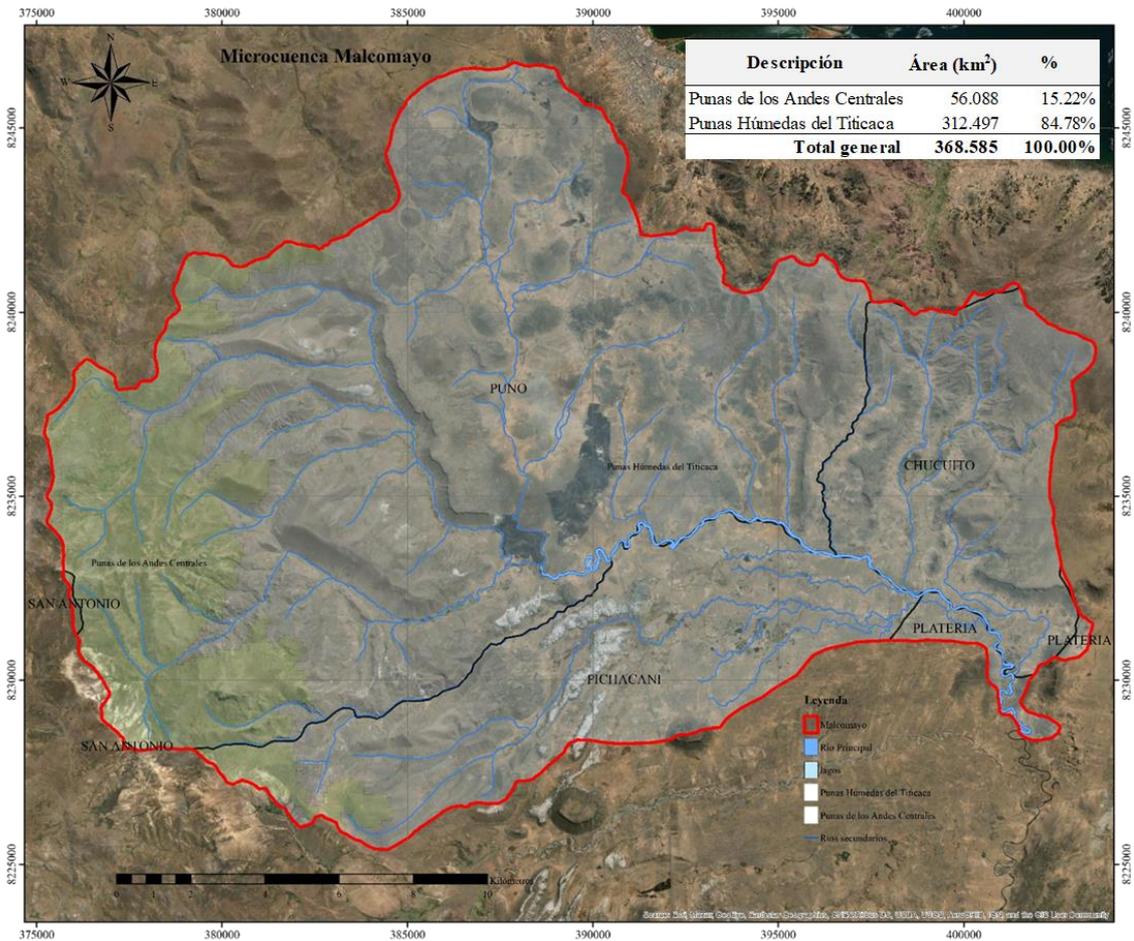


Figura 25. Mapa de ecorregiones

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3 Caracterización sociocultural

En la **Figura 26**, se puede apreciar la infraestructura turística, según la figuran en referencia en un 100% no cuenta con infraestructura turística instalada, existen restos arqueológicos, sin embargo, no son considerados a la fecha con sus autoridades locales y mucho menos promocionados. Se espera la promoción de ellos lugares turísticos para dinamizar la economía local de la zona de estudio.

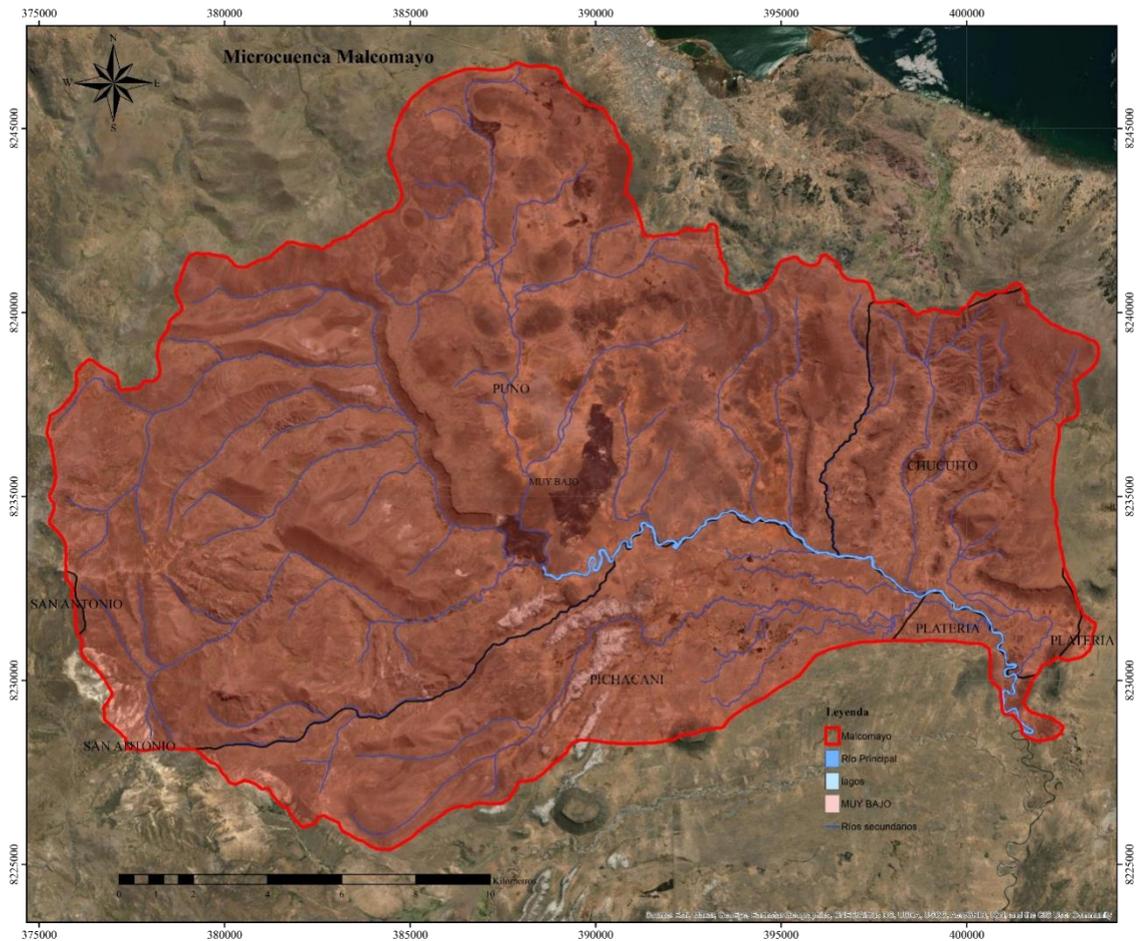


Figura 26. Mapa de infraestructura turística

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 27**, se muestra el mapa de las comunidades campesinas, que se encuentran en 0.72% en el distrito de Chucuito y el 22.06% de las comunidades se encuentran establecidas en el distrito de Puno. Son las comunidades reconocidas por los gobiernos de Alan Gabriel Ludwig García Pérez (1985-1990); Fernando Belaunde Terry (1963-1968); Juan Velasco Alvarado (1968-1975); Juan Velasco Alvarado (1968-1975) y Alberto Fujimori Fujimori (1990-2000) para las comunidades que se encuentran en el distrito de Chucuito. Sin embargo, para el distrito de Puno las comunidades campesinas fueron reconocidas con el gobierno de Francisco Morales Bermúdez Cerruti (1975-1980).

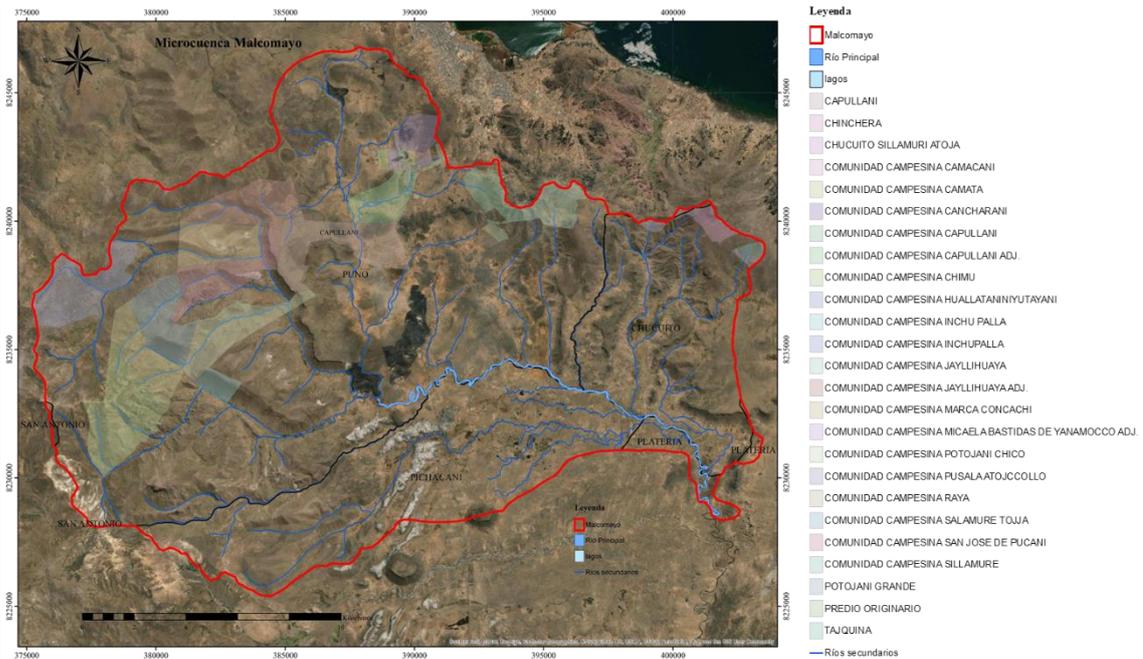


Figura 27. Mapa de comunidades campesinas

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Caracterización socioeconómica

En la **Figura 28**, se muestra el mapa de servicio de agua potable por tuberías de los cuales en el distrito de Puno tienen una cobertura de 81.65%, el resto de los distritos representan el 18.35%, considerando que las demás fuentes de agua son el pozo caison en las demás comunidades que se abastece para el uso de consumo humano y uso agropecuario para animales menores. Además, el abastecimiento de agua en el ámbito del distrito de Puno es por ser capital de departamento.

En la **Figura 29**, se observa el servicio de energía eléctrica, en donde se abastecen, dentro de los cuales en el distrito de Puno cuenta con una cobertura del 87.69%, considerando que no existe comunidades muy alejadas, en comparación los demás distritos que representan el 12.31%; considerando que los demás distritos no sobre pasan a la cobertura de servicio del 6%

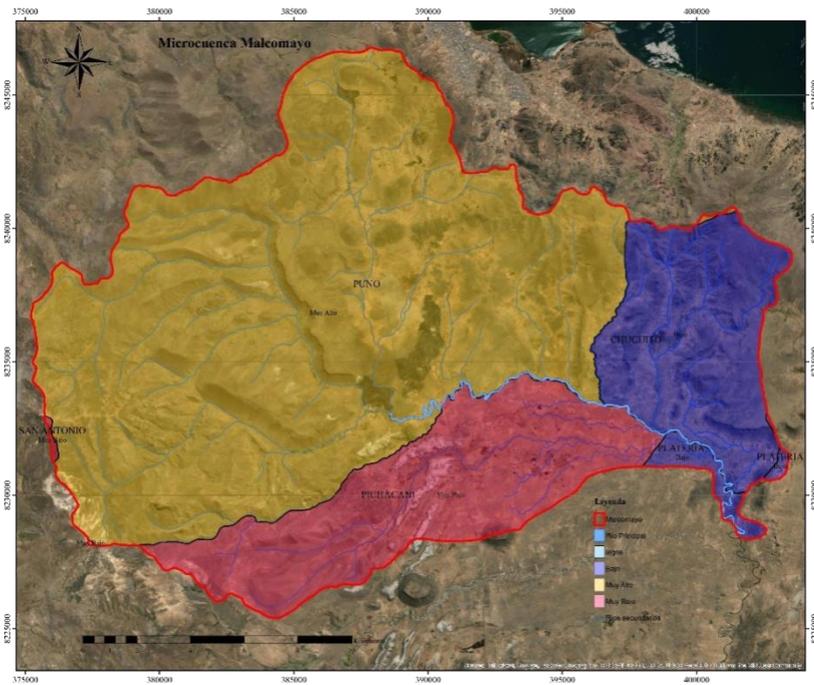


Figura 28. Mapa de servicio de agua potable

Fuente: Elaboración propia

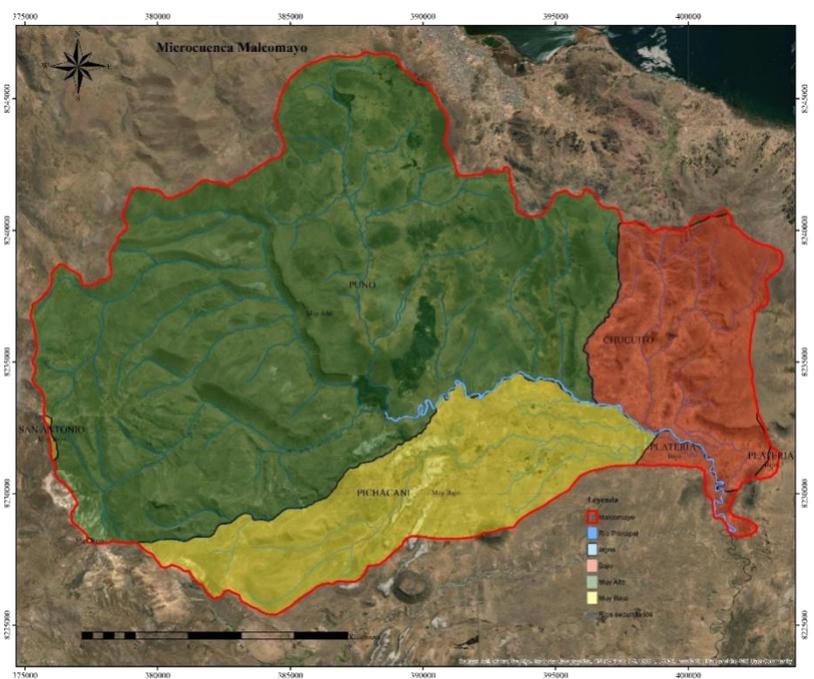


Figura 29. Mapa de servicio de energía eléctrica

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 30**, se observa de las de familias que cuentan con servicios higiénicos, que de alguna manera han sido construidos por el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES) y los gobiernos locales de cada distrito, el distrito de Puno tienen una cobertura de servicio de 97.86%, considerando que los demás distritos no superan el dos por ciento de cobertura; además, el resto de los distritos hacen el 2.14% de cobertura del servicio de servicios higiénicos.

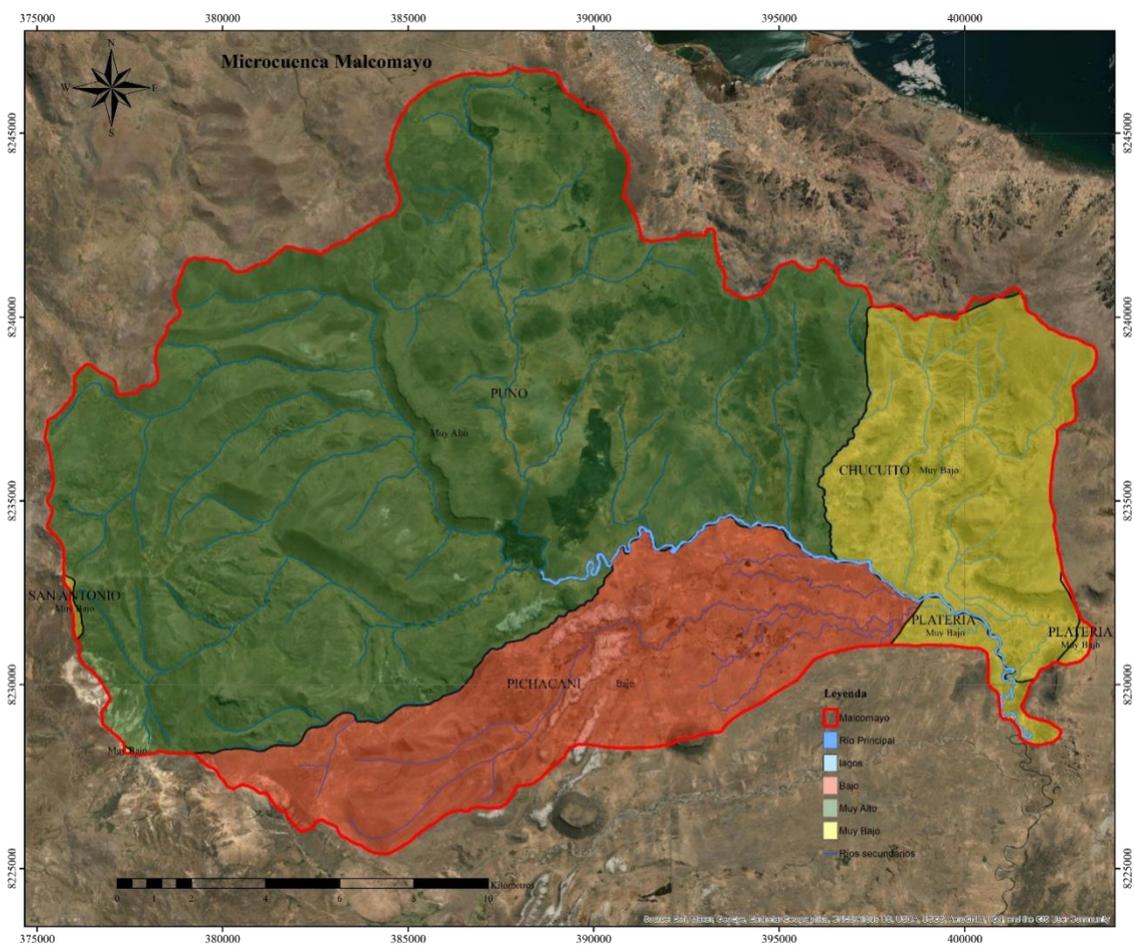


Figura 30. Mapa de familias que cuentan con servicios higiénicos

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 31**, se muestra el servicio de educación con la que cuenta la zona de estudio según la **Tabla 14**.

Tabla 14. Instituciones educativas

Centro poblado	Institución educativa	Nivel	Dirección	Docentes	Alumnos
Hacienda collacachi	203	Inicial Jardín	Collacachi	1	13
Los andes	325	Inicial Jardín	Carretera Puno a Moquegua km 5	2	25
Inchupalla	70134 José Antonio Encinas	Primaria de Menores	Inchupalla	4	27
Cutumbo	70722	Primaria de Menores	Cutumbo	2	19
Hacienda collacachi	70729	Primaria de Menores	Collacachi	3	17
Chiaraque	70806	Primaria de Menores	Chiaraque	1	7
Santa rosa	ABC Técnica Jesús Obrero	CETPRO	Avenida ejercito 252	8	109
Cancharani	Cancharani	PRONOEI	Cancharani s/n	0	6
Chaata	Chaata	PRONOEI	Chaata	0	6
Hacienda collacachi	Collacachi	Secundaria de Menores	Collacachi	8	19
Cutumbo	Cutumbo	PRONOEI	Cutumbo	0	10
Inchupalla	Inchupalla	Inicial Jardín	Inchupalla	1	11
Inchupalla	Inchupalla	Secundaria de Menores	Inchupalla	8	31

Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Mapa de servicio de educación y salud

Fuente: Elaboración propia

El servicio de salud cuenta con dos centros de salud ubicados en el distrito de Pichacani, denominados Inchipalla y Collacachi según la **Figura 31**.

En la **Figura 32**, se aprecia el mapa de pobreza en la zona de estudio y es como sigue: San Antonio (92.20%), Pichacani (74.2%), Plateria (57.10%), Chucuito (56.20%) y Puno (36.10%) respectivamente, consideramos que el distrito de Puno ocupa el último lugar por poseer todo los servicios y cobertura de los servicios esenciales.

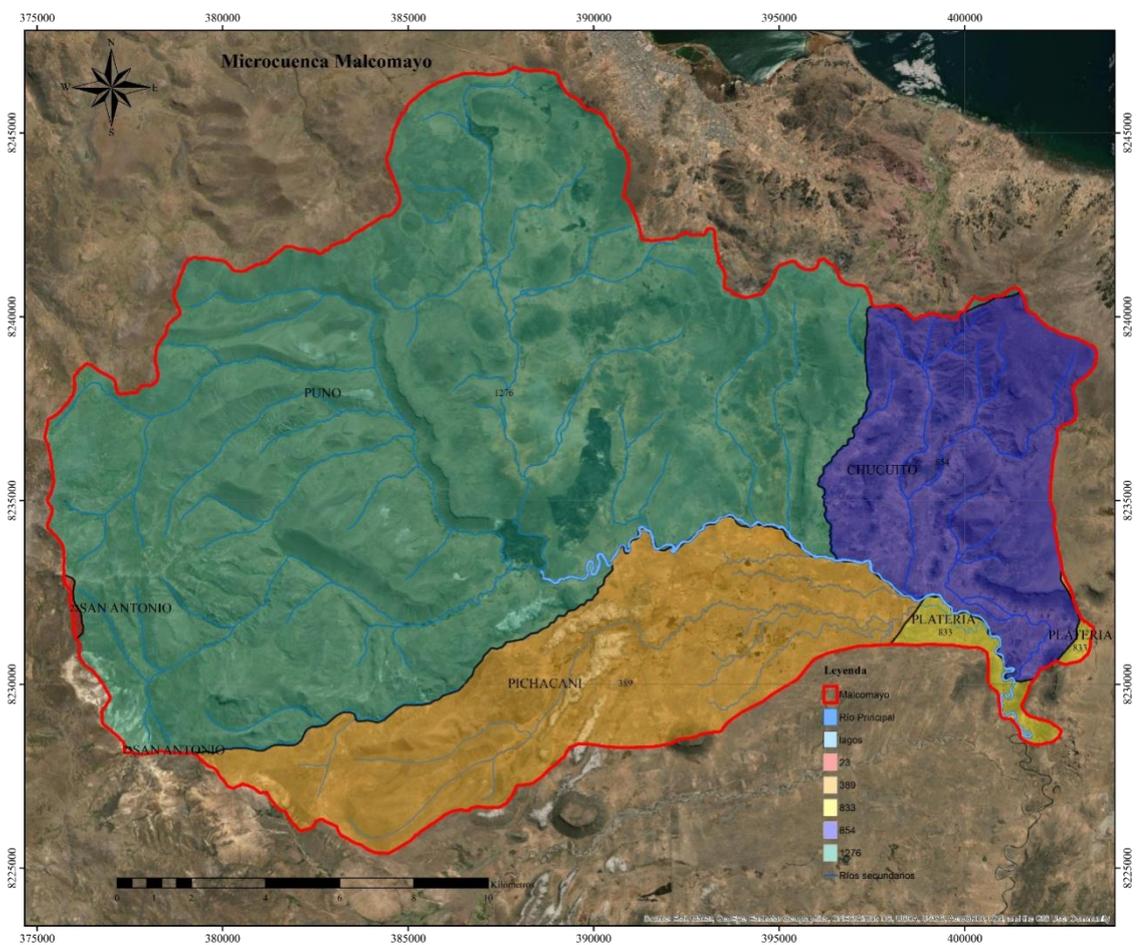


Figura 32. Mapa de pobreza

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.5 Submodelos

En la **Figura 33**, la cuenca se encuentra en uso adecuado (94.40%) y subuso (4.97%); el resto de la cuenca no es de gran representación como es la degradación ambiental (0.00%); no aplica (0.43%); sobreuso (0.02%) y el sobreuso con degradación ambiental (0.18%).

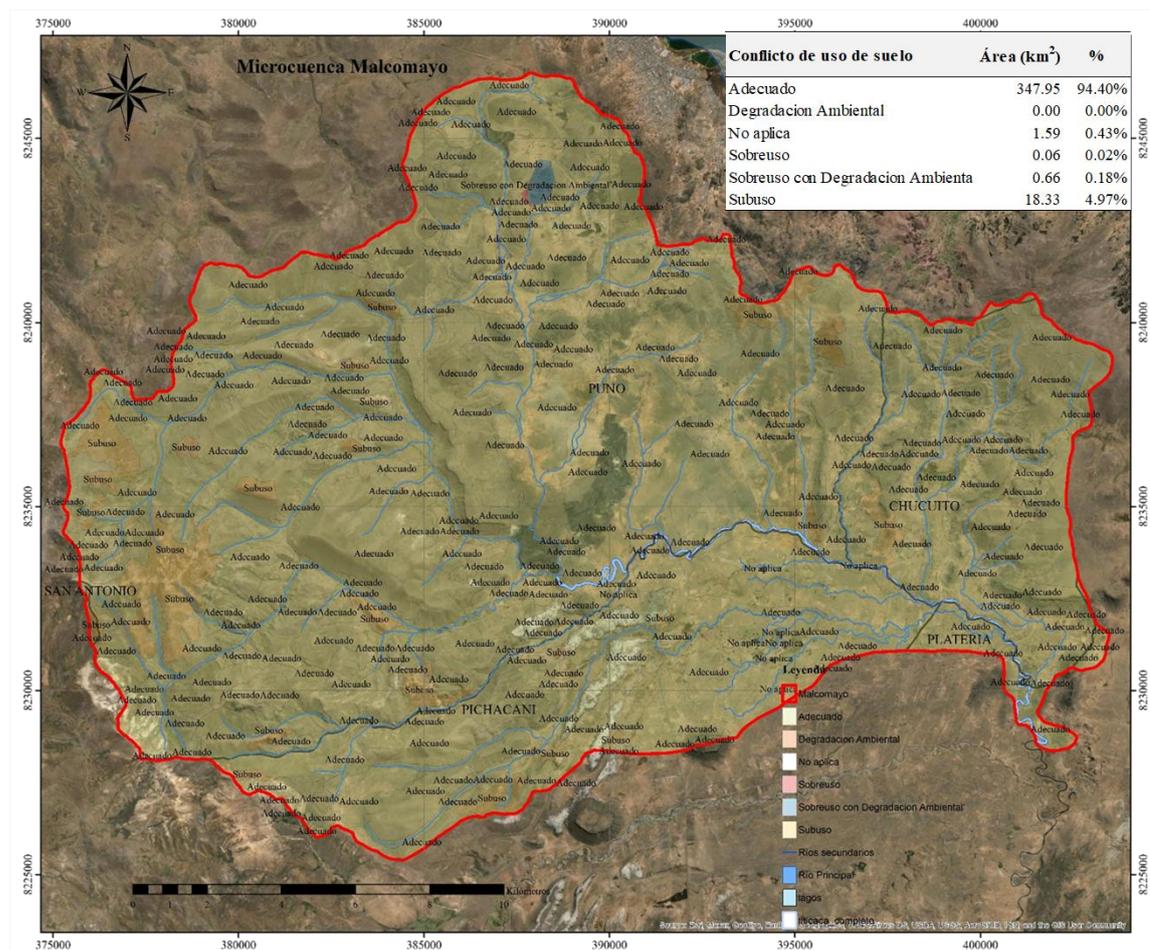


Figura 33. Mapa de conflicto de uso de suelo

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 34**, se muestra el potencial turístico con la que cuenta la zona de estudio, con un nivel alto potencial turístico 66.81% y bajo que representa el 31.49%, haciendo un total de 98.30%.

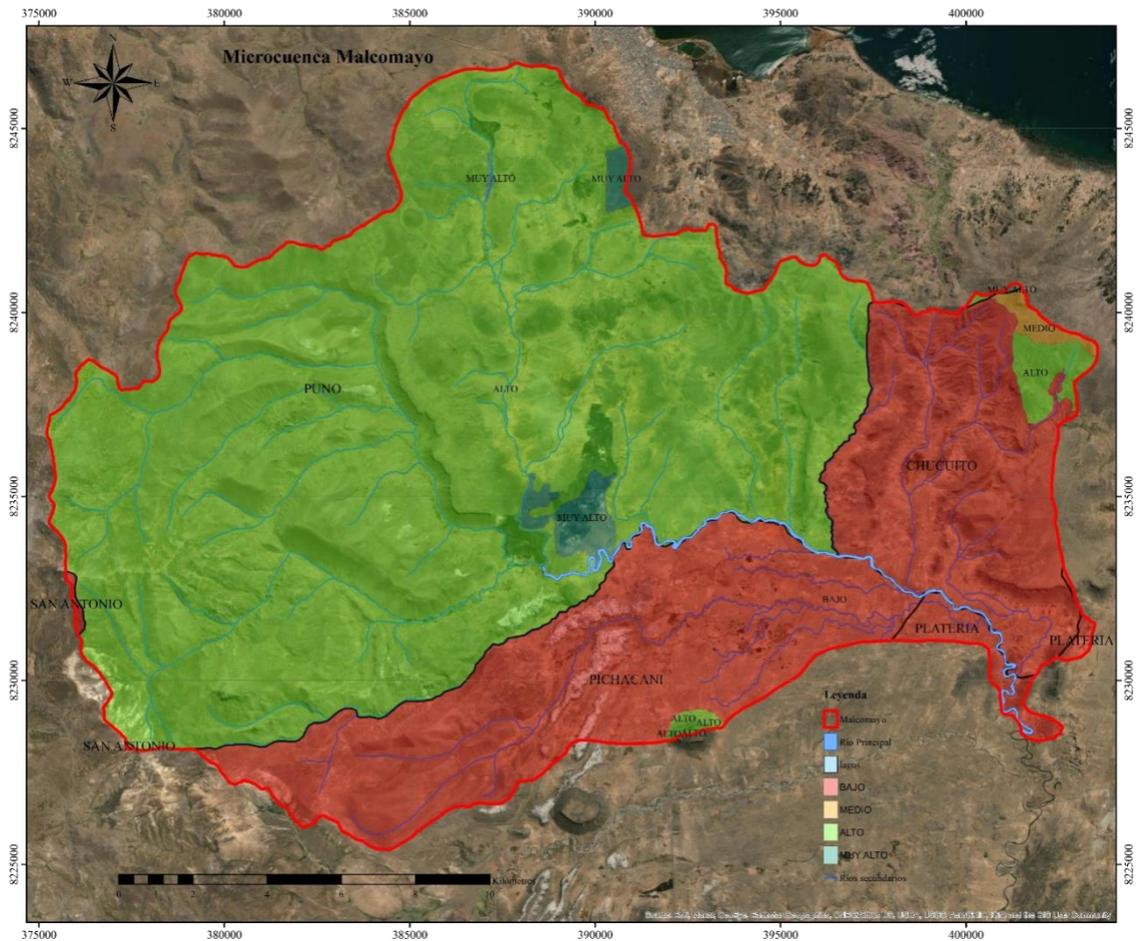


Figura 34. Mapa de potencial turístico

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 35**, se puede decir que el desarrollo de actividades económicas como la crianza de animales menores es alta debido a la baja pendiente y la alta oferta de pastizales y recursos naturales con las que cuenta la microcuenca en donde es muy alto (67.02%); seguido de bajo (32.89%) y por último está muy bajo (0.09%) del área total de la microcuenca.

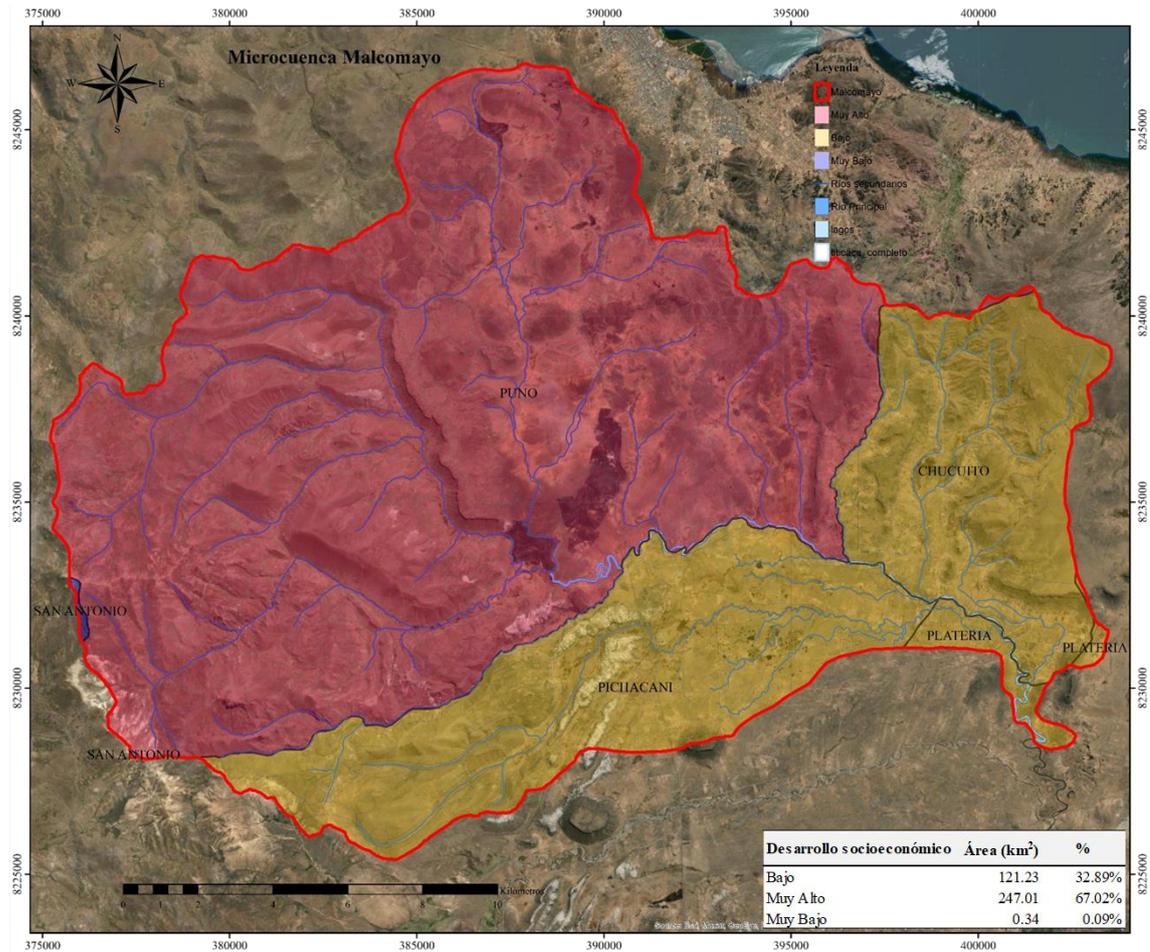


Figura 35. Mapa de potencial económico

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.6 Zonificación económica y ecológica

En la **Figura 36**, se tiene la propuesta de microzonificación ecológica económica considerando que se tiene la zonas productivas denominada la zona con potencial para pastos con tierras de protección y minero metálico (89.43%) del área total de la microcuenca; seguido de la zonas de vocación urbana e industrial denominada zona de expansión urbana e industrial (6.70%), por el crecimiento de las comunidades con visión a ciudades urbanizadas, además se cuenta con la zonas de protección y conservación ecológica denominada zona de muy alto valor bioecológico por ecosistema singular e

importancia hídrica (3.24%); así mismo, el resto suma el 0.63% que no representa un área considerable frente la ZEE.

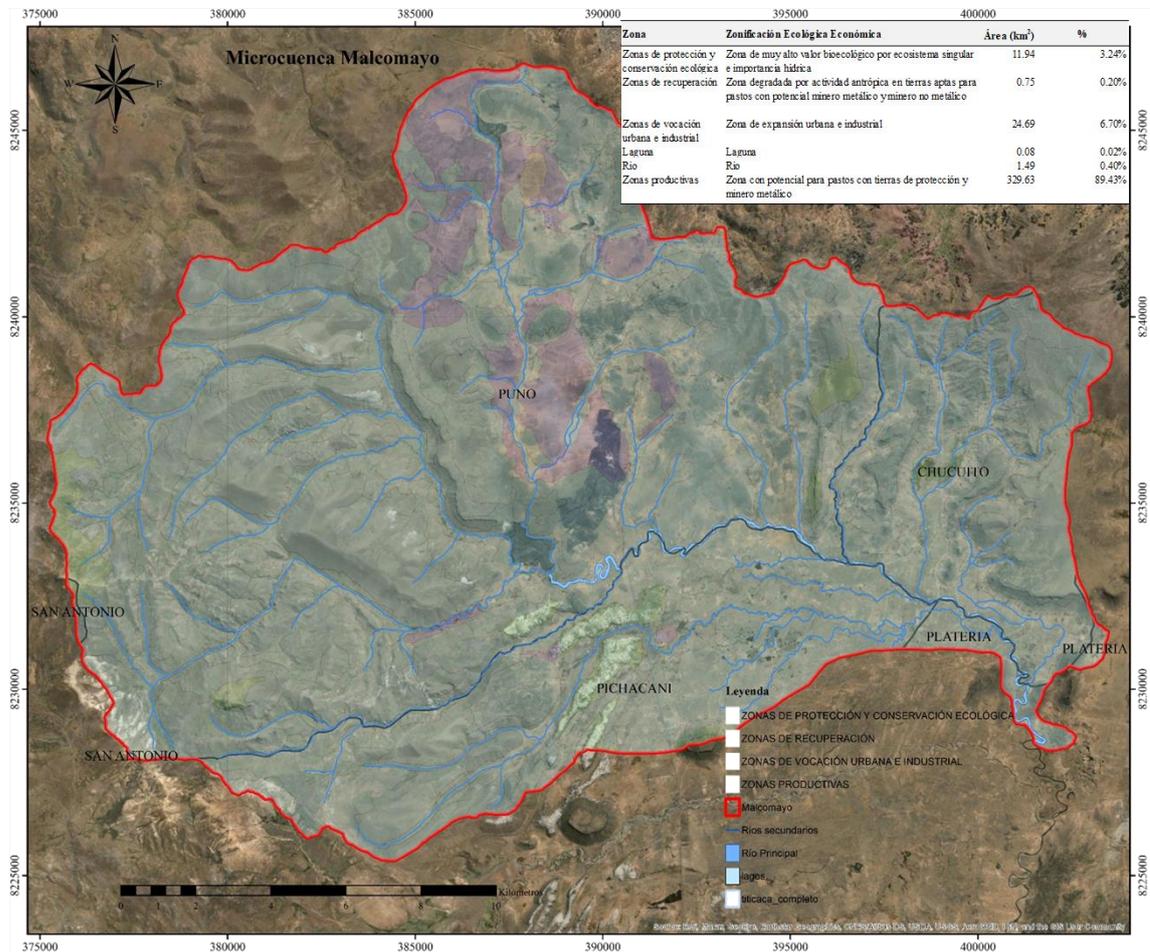


Figura 36. Mapa de la propuesta de microzonificación ecológica económica

Fuente: Elaboración propia

4.2 DISCUSIÓN

La caracterización de la microcuenca se trata de una cuenca de los parámetros geomorfológicos de las de las demás cuencas estudiadas, pero es importante para realizar el estudio de caudales máximos, las características de la cuenca son: área 368.585 km², perímetro 98.464 km, longitud curso 23.223 km, pendiente 9.741 %, cota máxima 4806.00 msnm y cota mínima 3928.00 msnm. Así como lo indican los siguientes autores (Alfaro, 2011); Bernal (2018); Cari et al. (2016); Caso (2019); Domínguez (2008);



(Gonzales & Alfaro, 2008); Orocollo (2014); Pinedo (2006); Rivas et al. (2003); (Vásquez et al., 2016); Velásquez (2004); Visión Mundial (2001).

La caracterización de la microcuenca y el mapa de pendientes se tiene una pendiente de la cuenca que es de 2.168% que pertenece a una cuenca ligeramente ondulada como lo mencionan Caso (2019); Domínguez (2008); Orocollo (2014). Así mismo, para nuestra investigación se tiene un área de riego de 15.31 km² de área, y el resto en seco; en donde se cuenta con Pajonal de chilligua y chiji con un área que presenta el 80.61%.

Las tierras aptas para pastos de calidad agrologica alta, limitada por clima representa el (12.67%); tierras aptas para pastos de calidad agrologica baja, limitada por suelo, erosión y clima (31.96%); tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo y clima (15.46%); tierras aptas para pastos de calidad agrologica media, limitada por suelo, erosión y clima (15.73%); que representan el 75.82% del área total y el 24.18% entre ríos, laguna y otras tierras con diferentes limitaciones (Belizario, 2021).

El uso actual de la tierra de las cuales se tiene las áreas quemadas (0.19%); Herbazal (91.07%); lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales (0.02%); ríos (50 m) (0.40%); tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas) (8.14%); turberas y bofedales (0.13%); vegetación acuática sobre cuerpos de agua (0.01%) y vegetación arbustiva/herbácea (0.03%); en su gran mayoría se tiene actualmente Herbazal (91.07%). El uso actual de la microcuenca Malcomayo difiere con el uso de tierra circunlacustre ya que está en piso altitudinal mayor como el analizado por Huaranca (2014).



El conflicto de uso de suelo se encuentra en uso adecuado (94.40%) y subuso (4.97%); el resto de la cuenca no es de gran representación como es la degradación ambiental (0.00%); no aplica (0.43%); sobreuso (0.02%) y el sobreuso con degradación ambiental (0.18%) que difieren de los demás autores Bernal (2018); Cari et al. (2016); Caso (2019); Domínguez (2008); Orocollo (2014); Pinedo (2006); Velásquez (2004); en vista que las áreas de estudios y la ubicación son diferentes a excepción que se asemeja al estudio realizado por Huaranca (2014). Debido a los cambios antropogénicos, en microcuencas, se puede remediar o incluso detener el fenómeno de degradación de suelos mediante la forestación de estas tierras y el establecimiento de masas forestales protectoras, como lo mencionan (Bercea & Catalin, 2019).

Según el mapa de potencial económico, se puede decir que el desarrollo de actividades económicas como la crianza de animales menores es alta debido a la baja pendiente y la alta oferta de pastizales y recursos naturales con las que cuenta la microcuenca en donde es muy alto (67.02%); seguido de bajo (32.89%) y por último está muy bajo (0.09%) del área total de la microcuenca.

La microzonificación ecológica económica considerando que se tiene la zonas productivas denominada la zona con potencial para pastos con tierras de protección y minero metálico (89.43%) del área total de la microcuenca; seguido de la zonas urbana e industrial denominada zona de expansión urbana e industrial (6.70%), por el crecimiento de las comunidades con visión a ciudades urbanizadas, además se cuenta con la zonas de protección y conservación ecológica denominada zona de muy alto valor bioecológico por ecosistema singular e importancia hídrica (3.24%); así mismo, el resto suma el 0.63% que no representa un área considerable frente la ZEE. La zonificación regional realizado por Bernal (2018); Cari et al. (2016); Caso (2019); Domínguez (2008); Orocollo (2014);



Pinedo (2006); Velásquez (2004); en vista que las áreas de estudios y la ubicación son diferentes a excepción que se asemeja al estudio realizado por Huarancca (2014).



V. CONCLUSIONES

La caracterización de la microcuenca son parámetros geomorfológicos tiene las siguientes características: área 368.585 km², perímetro 98.464 km, longitud curso 23.223 km, pendiente 9.741 %, cota máxima 4806.00 msnm y cota mínima 3928.00 msnm. El mapa de pendientes se tiene una pendiente de 2.168% que pertenece a una cuenca ligeramente ondulada cuenta con un área de riego de 15.31 km², en donde se cuenta con Pajonal de chilligua y chiji con un área que presenta el 80.61%.

Las tierras aptas para pastos de calidad agrologica son de 75.82% del área total y el 24.18% entre ríos, laguna y otras tierras con diferentes limitaciones. Entre el uso actual de la tierra se tiene un Herbazal (91.07%); entre el conflicto de uso de suelo se encuentra en uso adecuado (94.40%) y subuso (4.97%); seguidamente se tiene con pastizales y es potencial económico para el desarrollo de actividades económicas muy alto (67.02%); seguido de bajo (32.89%).

La microzonificación ecológica económica considerando que se tiene la zonas productivas denominada la zona con potencial para pastos (89.43%); seguido de la zonas de vocación urbana, zona de expansión urbana e industrial (6.70%), por el crecimiento de las comunidades con visión a ciudades urbanizadas, además se cuenta con la zonas de protección y conservación ecológica denominada zona de muy alto valor bioecológico por ecosistema singular e importancia hídrica (3.24%); así mismo, el resto suma el 0.63% que no representa un área considerable frente la ZEE.

Los resultados proporcionaron una mejor comprensión de la metodología de Zonificación Ecológica y Económica según las características de la microcuenca y las condiciones actuales de uso de suelo más frecuentes en cuencas del altiplano peruano.



VI. RECOMENDACIONES

Es necesario la instalación de una estación Limnimétricas de lectura permanente en el puente del río Malcomayo con fines de estudios y calibración.

Se recomienda la implementación de las estaciones meteorológicas con pluviógrafos, para permitirnos modelar y estudiar con detenimiento las tormentas en la microcuenca del río Malcomayo.

Se recomienda realizar estudios de ordenamiento territorial a fin de continuar el proceso de la ZEE y su posterior implementación en beneficio de la población usuaria de la cuenca.

Se recomienda que a las entidades técnicas científicas disponibilicen los datos para poder realizar las investigaciones y poder realizar las comparaciones con los nuevos estudios.

Realizar estudios relacionados a la gestión de riesgos en vista que la zona baja de la microcuenca del río Malcomayo y la cuenca del río Ilave sufre desbordes de río e inundaciones, a fin de no tener más afectados en ambas márgenes del río.

Se espera que la investigación puede ser utilizado en la puesta en marcha y propuesta de obras en los terrenos existentes a efectos de su recuperación y se aprovechen de forma óptima el potencial de los recursos naturales.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul, A., & Pilouk, M. (2008). *Spatial data modelling for 3D GIS*. Springer Verlag.
- Abudu, S. (2009). *Monthly and seasonal streamflow forecasting in the Rio Grande Basin* [New Mexico State University Las Cruces, New Mexico]. Las Cruces, New Mexico, MX.
- Alfaro, R. (2011). *Erosion y Transporte de Sedimentos*. Unidad de impresión Universidad Nacional del Altiplano.
- Angulo, O. G. (2006). *Gobernabilidad e institucionalidad para la gestión, protección y aprovechamiento de los recursos hídricos en el municipio de Valle de Ángeles, Honduras* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)]. Turrialba, CR.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta*. Episteme.
- Arnold, J. G., Williams, J., Srinivasan, R., & King, K. (1996). SWAT: Soil and Water Assessment Tool. User's Manual USDA Agriculture Research Service Grassland. *Soil and Water Research Laboratory, 808*, 190.
- Aroni-Quispe, D. X., Alfaro-Alejo, R., Huaman-Gutierrez, H. A., & Belizario-Quispe, G. (2021). Comparative analysis of evapotranspiration using the SEBAL model and the evaporimeter pan method in the Huancane basin of Puno, Peru. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXIII, Vol. 11856*, 74–84. <https://doi.org/10.1117/12.2600821>



- Arosemena, J. (2010). *Gestión del recurso hídrico en la cuenca alta del río Caldera, Panamá* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)]. Turrialba, CR.
- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas*, 11(2), 6 p.
- Bajjali, W. (2017). *ArcGIS for environmental and water issues*. Springer.
- Belizario, G. (2021). *Epistemología ambiental aplicada al cambio climático y su impacto en la agricultura* (ILAE (ed.); Primera Ed). Instituto Latinoamericano de Altos Estudios.
https://www.ilae.edu.co/web/Ilae_Files/Libros/202109231427551445415815.pdf
- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 35–54.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607224>
- Benegas, L. (2008). Manual del curso de Manejo y Gestión Integrada del Recurso Hídrico. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, 95 p.
- Bercea, I., & Catalin, N. (2019). Considerations on zoning and micro-zoning of the DoljCounty area for potential forest vegetation in the context of anthropic changes in forest lands and climatic changes. *Annals of the University of Craiova- Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 48(2), 18 - 34 p.
- Bernal, D. A. (2018). *Zonificación ambiental para el tramo medio de la quebrada trompetas perteneciente a la cuenca del Río Guavio en el municipio de Gachalá – Cundinamarca* Universidad Santo Tomás, Ingeniería Ambiental]. Bogotá, CO.



- Brea, J. D., & Balocchi, F. (2010). *Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas*. Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- Cajina, M., & Faustino, J. (2007). Alternativas de captación de agua, la esperanza de mejores cosechas y la conservación ambiental; Cogestión de actores locales y acción colectiva en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Serie técnica. Informe técnico N° 355*, 46 p.
- Cari, L., Raquel, D., & Mamani, R. M. (2016). *La Contaminación Ambiental y su Influencia en el Crecimiento de niños de 1 a 5 años que viven en las riveras del río Torococha de Juliaca, diciembre 2015 - marzo 2016* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Enfermería]. Juliaca, PE.
- Caso, Á. I. (2019). *Zonificación ambiental para una gestión sostenible en la microcuenca del río Palcayaco, distrito de San Marcos de Rocchac, Tayacaja-Huancavelica 2019* Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente]. Huancayo, PE.
- Castro, L. R., Bowen, M. R., & Bowen, J. R. (2016). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial, como herramienta para el desarrollo sustentable: estudio de caso en Esmeraldas, Ecuador. *Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agrícola*(Manabí, EC), 26 p.



- Choquevilca, W., & Sotomayor, M. A. (2011). *La gente, la gestión del agua y el territorio. Una experiencia de inclusión social y empoderamiento en la sierra del Perú*. Intercooperation, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Larry, W. M. (1994). *Hidrología aplicada*. Editorial McGrawHill Interamericana S.A.
- Córdova, H., Czerny, M., & Novoa, Z. (2016). *La zonificación ecológica económica y el ordenamiento territorial aplicado al desarrollo rural*. Ordenamiento Territorial y Desarrollo Rural.
- Domínguez, M. C., Medina, M. d. C., & Martínez, M. I. (2018). *Metodología de investigación para la educación y la diversidad*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
- Domínguez, S. (2008). *Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)]. Turrialba, CR.
- Domínguez, S., Velásquez, S., Jiménez, F., & Faustino, J. (2009). Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Comunicación Técnica, Recursos Naturales y Ambiente N° 55*, 64 - 73 p.



- Escobar, J. (2008). Plan de ordenamiento territorial de la subcuenca del río Jucuapa, [Tesis Mag.Sc.]. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, 202 p.
- Faustino, J. (2009). Ordenamiento Territorial Avanzado. *Dictado del 6 al 8 de Mayo del 2,009 en La Molina, con la colaboración del Programa de Gestión Territorial en Recursos Hídricos y Biodiversidad del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica*, 110 p.
- Fernández, F. (1995). *Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación.*
- FOVIDA. (2019a). *Diagnóstico participativo de la comunidad nativa San Juan de Cheni.* Fomento de la Vida (FOVIDA).
- FOVIDA. (2019b). *Diagnóstico y planificación participativa de la comunidad nativa Yavirironi.* Fomento de la Vida (FOVIDA).
- Fresno, C. (2019). *Metodología de la investigación: así de fácil.* El Cid Editor.
- Fundación DEMUCA. (2009). *Guía de herramientas municipales para la promoción del desarrollo económico local.* Fundación para el desarrollo local y el fortalecimiento municipal e institucional de Centroamérica y El Caribe (Fundación DEMUCA).
- Gobierno Regional de Puno. (2011). *Plan estratégico regional de turismo Puno - PERTUR 2021.* Gobierno Regional de Puno (GRP).



- Gómez, C., & García, J. (2006). Guía técnica científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia: Caja de herramientas para la zonificación ambiental en cuencas hidrográficas. *Bogotá, CO*, 39 p.
- Gonzales, V. A., & Alfaro, R. (2008). *Desarrollo de cuencas de alta montaña*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Hernández, N. A. (2007). *Escalamiento territorial de la cogestión de cuencas hidrográficas en las subcuencas de los ríos Higuito y Copán, Honduras* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)]. Turrialba, CR.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. J. (2014). Desarrollo de la perspectiva teórica: revisión de la literatura y construcción del marco teórico. In *Metodología de la Investigación* (pp. 58 - 87 p.). McGraw-Hill.
- Huaranca, A. (2014). *Propuesta metodológica de microzonificación ecológica y económica - caso microcuenca del río Zapatilla - Puno* Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE.
- INEI. (2021). *Portal del INEI: Población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Retrieved 30 de enero from <https://www.inei.gob.pe/>
- Khalifeh, M., Alikhah, M., & Rezvani, M. (2018). Assessment of land capability for agriculture and rangeland development using hierarchical analysis method (Case



study: Gaz long-Lavar-e Saheli Watershed of Bushehr Province). *Geographical Researches Quarterly*, 33(1), 109 - 123 p.

Khan, M. A. (2015). *Flood Scour for Bridges and Highways: Prevention and Control of Soil Erosion*. McGraw - Hill Education.

Lavado, W. S., Labat, D., Guyot, J. L., Ronchail, J., & Ordonez, J. J. (2009). TRMM rainfall data estimation over the Peruvian Amazon-Andes basin and its assimilation into a monthly water balance model. *New Approaches to Hydrological Prediction in Datasparse Regions*, Proceedings of Symposium HS, Pekín, IN.

Leal, J. V., Todt, V., & Thum, A. B. (2013). O uso de SIG para monitoramento de áreas degradadas-estudo de caso: APP do Arroio Gil, Triunfo-RS. *Revista Brasileira de Cartografia*, 5(65/5), 967 - 983 p.

Llamas, J. M. (1993). *Hidrología general. Principios y aplicaciones*. Universidad del País Vasco.

Morea, J. P. (2017). Problemática territorial y conservación de la biodiversidad en espacios protegidos de Argentina. *Investigaciones Geográficas*(68), 115 - 132 p.

OMT, & PNUMA. (2005). *Por un turismo más sostenible: Guía para responsables políticos*. Organización Mundial del Turismo (OMT) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Orocollo, J. B. (2014). *Microzonificación climática para el mejoramiento de la producción agrícola en la cuenca de Zapatilla del departamento de Puno*



Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE.

- Pari-Huaquisto, D. C., Alfaro-Alejo, R., Pílares-Hualpa, I., & Belizario, G. (2020). Seasonal variation of heavy metals in surface water of the Ananea river contaminated by artisanal mining, Peru. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 614(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012167>
- Peterson, G. N. (2009). *GIS cartography: A guide to effective map design*. CRC Press.
- Pinasco, K. (2007). *Guía metodológica: Zonificación ecológica económica y gobiernos locales*. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM).
- Pinedo, R. (2006). *Zonificación como base para el ordenamiento territorial del municipio de Valle de Ángeles, Honduras* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)]. Turrialba, CR.
- PNUD. (2004). La reducción de riesgos de desastres un desafío para el desarrollo. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación*, 146 p.
- PNUD. (2006). Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Informe sobre Desarrollo Humano 2006. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, Nueva York, EE.UU. Mundi - Prensa Libros*, 238 p.



- PNUD. (2009). *Reducción de la Pobreza, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. Retrieved 25 de Noviembre from <http://www.undp.un.hn/index.htm>
- PNUD. (2018). Índice de Desarrollo Humano departamental, provincial y distrital.[Sede Web]. Perú, 2018. [acceso 12 de noviembre del 2018]. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*.
- Pouilly, M., Lazzaro, X., Point, D., & Aguirre, M. (2014). *Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos en el sistema (TDPS) con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca* Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN)]. Quito, EC.
- Quintero, Q. R., & Perez, R. (2006). Zonificación agrícola como herramienta básica para el ordenamiento ambiental de un territorio. (Caso: Tolviejo – Sucre). *Clepsidra*, 2, 99 - 108 p.
- Quispe, R. F., Belizario, G., Chui, H. N., Huaquisto, S., Calatayud, A. P., & Yábar, P. S. (2019). Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Rev. Boliv. Quim.*, 36(2), 83–90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- Rivas, C., Faustino, J., & González, A. (2003). Análisis de la Evolución Conceptual y Práctica del enfoque de Manejo de Cuencas en la Región Centroamericana *Dialogo regional, “Experiencias sobre gestión territorial y manejo de cuencas,*



para el fortalecimiento de medios de vida rurales en Centroamérica". CATIE-PRISMA-BID, 13 p.

Rodríguez, F. (2006). *Estrategia nacional de zonificación ecológica económica*. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM).

Rosas, V. S., & Valencia, J. B. (2017). *Plan de desarrollo sostenible para el sector rural: estudio de caso centro poblado Acari, Yunguyo - Puno* Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo]. Puno, PE.

Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas* (Vol. 3). Biblioteca Lascasas.

Schejtman, A., & Berdegú, J. (2004). *Desarrollo territorial rural. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP), Debates y temas rurales N°1* 53 p.

Sepúlveda, S. (2008). *Gestión del desarrollo sostenible en territorios rurales: Métodos para la planificación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, 392 p.

Tudela, J. W. (2012). *Valoración económica de los beneficios ambientales de políticas de gestión en la Reserva Nacional del Titicaca. Desarrollo Rural, Economía y Sociedad 80, Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES), 2008(2011), 30 - 37 p.*



- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Diaz, J., Vásquez, C., Castro, A., Tapia, M., & Alcántara, J. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vásquez, A. (2000). *Desarrollo económico local y descentralización: aproximación a un marco conceptual*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Velásquez, P. D. (2004). *Propuesta de zonificación ecológica económica de la microcuenca del Río Pochcomayu y parte baja de la microcuenca del Río Antumayu* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica]. Lima, PE.
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Visión Mundial. (2001). *Manual de manejo de cuencas*. Visión Mundial Canadá.
- Wood, P., & Smith, J. (2017). *Investigar en educación: conceptos básicos y metodología para desarrollar proyectos de investigación*. Narcea Ediciones.
- Zury, W. (2004). *Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas una propuesta con enfoque de desarrollo local*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico



Figura 37. Vista el río Malcomayo



Figura 38. Cuenca del río Malcomayo



Figura 39. Zonas erosionables del río Malcomayo



Figura 40. Sedimentación en la cuenca el río Malcomayo